

明 細 書

歪みゲージ型センサおよびこれを利用した歪みゲージ型センサユニット 技術分野

[0001] 本発明は、外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角速度の少なくとも1つを測定することができる歪みゲージ型センサおよびこれを利用した歪みゲージ型センサユニットに関する。

背景技術

[0002] 歪みゲージ型センサとしては、半導体の単結晶基板を利用して力やモーメントを検出する装置が知られている。特許文献1には、図16および図17に示すように、中央に設けられた略円柱形状の受力部511と、周囲に設けられた固定部512と、これらを連結する円環形状のダイヤフラム部513とを備えた起歪体510と、この起歪体510に取り付けられたピエゾ素子からなる歪みゲージR511〜R534とを有する歪みゲージ型センサ500が記載されている。

[0003] 歪みゲージR511〜R534は、それぞれ起歪体510の上面に設けられている。ここで、起歪体510の上面と受力部511の中心軸との交点を原点Oとする。そして、起歪体510の上面において、原点Oを通り且つ互いに直交する2つの軸をX軸、Y軸とする。また、起歪体510の上面において、原点Oを通り且つX軸、Y軸とは異なる軸を斜め軸Sとする。歪みゲージR511〜R534は、各軸上のダイヤフラム部513の外縁部近傍および内縁部近傍に配置されている。

[0004] かかる歪みゲージ型センサ500では、受力部511に対して加わったX、Y、Zの3軸方向の力やモーメントを測定するために、各歪みゲージR511〜R534によりブリッジ回路を構成している。具体的には、X軸上の歪みゲージR511〜R514により図18Aに示すブリッジ回路521を構成して、これにより電圧 V_x を得る。また、Y軸上の歪みゲージR521〜R524により図18Bに示すブリッジ回路522を構成して、これにより電圧 V_y を得る。さらに、S軸上の歪みゲージR531〜R534により図18Cに示すブリッジ回路523を構成して、これにより電圧 V_z を得る。そして、これら3つのブリッジ回路521〜523により得られた電圧 V_x 、 V_y 、 V_z の組み合わせにより、受力部511に対して

加わったX、Y、Zの3軸方向の力やモーメントを導出することができる。

- [0005] 特許文献1:特開平4-194634号公報(第2図、第3図、第7図、第3項左下欄第3行ー右下欄第6行、第4項右下欄第9行ー第15行)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] ここで、図19に示すように、歪みゲージ型センサ500の受力部511に対してX軸正方向の力が加わった場合について考える。このような場合には、X軸上のダイヤフラム部513の内縁部には最も大きな歪み ϵ_2 が生じる。ところが、X軸上のダイヤフラム部513の外縁部に生じる歪み ϵ_1 は、内縁部に生じる歪み ϵ_2 と比べて非常に小さくなる。なお、ここでは、引っ張り方向の歪みと圧縮方向の歪みとを区別せず、単に歪みの大きさだけを考えている。
- [0007] また、同様に、X、Y、Zの3軸のいずれの方向に力やモーメントが加わった場合も、各軸上のダイヤフラム部513の外縁部に生じる歪みは、その内縁部に生じる歪みと比べて、非常に小さくなる。つまり、歪みゲージ型センサ500においては、歪みゲージR512、R513、R522、R523、R532、R533の抵抗値は大きく変化するが、歪みゲージR511、R514、R521、R524、R531、R534の抵抗値の変化は小さい。従って、ブリッジ回路521、522、523にそれぞれ含まれる4つの歪みゲージのうち、2つの歪みゲージ(ブリッジ回路521においてはR512、R513、ブリッジ回路522においてはR522、R523、ブリッジ回路523においてはR532、R533)の抵抗値だけが大きく変化する。その結果、ブリッジ回路521、522、523の出力はいずれも小さくなって、センサとしての感度が低くなるという問題がある。
- [0008] そこで、本発明の目的は、感度の高い歪みゲージ型センサおよびこれを利用した歪みゲージ型センサユニットを提供することである。

課題を解決するための手段及び発明の効果

- [0009] 本発明の第1の観点によると、力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置

において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、前記連結部は、前記第1の歪みゲージが配置された位置と前記第2の歪みゲージが配置された位置とに同じ大きさの応力が加えられたときに、前記第1の歪みゲージが配置された位置における歪み量が前記第2の歪みゲージが配置された位置における歪み量よりも小さくなるような形状を有している歪みゲージ型センサが提供される。

- [0010] この構成によると、外部から受力部に対して力が入力された際に、第1の歪みゲージが配置された位置での連結部の歪み量と第2の歪みゲージが配置された位置での連結部の歪み量との差を少なくすることができる。従って、第1の歪みゲージの抵抗値の変化量と第2の歪みゲージの抵抗値の変化量との差が小さくなる。その結果、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を高感度で測定することができる。
- [0011] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記第1および前記第2の歪みゲージはそれぞれ2つずつ備えられており、前記第1および前記第2の歪みゲージはいずれも1つの直線上に配置されていてもよい。
- [0012] この構成によると、1つの直線上に配置された4つの歪みゲージにより、外部から受力部に対して入力された1軸の力を検出することができる。
- [0013] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記第1および前記第2の歪みゲージはそれぞれ6つずつ備えられており、前記第1および前記第2の歪みゲージは互いに異なる3つの直線のいずれかの直線上にそれぞれ2つずつ配置されていてもよい。
- [0014] この構成によると、互いに異なる3つの直線上にそれぞれ配置された4つの歪みゲージにより、外部から受力部に対して入力された3軸の力を検出することができる。
- [0015] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記受力部は円柱状であると共に、前記固定部および前記連結部はいずれも円環状であって前記受力部と同心に配置されていてもよい。
- [0016] この構成によると、連結部と平行な面内において、全ての方向に力を加えることができる。
- [0017] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記連結部が、前記第1の歪みゲージが配置された第1のダイヤフラムと、前記第1のダイヤフラムよりも肉薄であって、前記第2の歪みゲージが配置された第2のダイヤフラムと、前記第1のダイヤフラムと前記第2の

ダイヤフラムとを接続しており、前記第1のダイヤフラムよりも肉厚の接続部とを有していてもよい。

- [0018] この構成によると、第1のダイヤフラムの第1の歪みゲージが配置された位置と第2のダイヤフラムの第2の歪みゲージが配置された位置とに対して同じ大きさの応力が加えられたときに、第1の歪みゲージが配置された位置の歪み量が第2の歪みゲージが配置された位置の歪み量よりも小さくなる。従って、外部から受力部に対して力が入力された際に、第1の歪みゲージが配置された位置での連結部の歪み量と第2の歪みゲージが配置された位置での連結部の歪み量との差を少なくすることができる。よって、第1の歪みゲージの抵抗値の変化量と第2の歪みゲージの抵抗値の変化量との差が小さくなる。その結果、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を高感度で測定することができる。
- [0019] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとの厚さの差および前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとの長さの差の少なくともいずれか1つが設定されていてもよい。
- [0020] この構成によると、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を最も高感度で測定することができる。
- [0021] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記連結部が、前記第1の歪みゲージが配置された位置から前記第2の歪みゲージが配置された位置に向かって次第に肉薄となっていてよい。
- [0022] この構成によると、第1の歪みゲージが配置された位置と第2の歪みゲージが配置された位置とに対して同じ大きさの応力が加えられたときに、第1の歪みゲージが配置された位置の歪み量が第2の歪みゲージが配置された位置の歪み量よりも小さくなる。従って、外部から受力部に対して力が入力された際に、第1の歪みゲージが配置された位置での連結部の歪み量と第2の歪みゲージが配置された位置での連結部の歪み量との差を少なくすることができる。よって、第1の歪みゲージの抵抗値の変化量と第2の歪みゲージの抵抗値の変化量との差が小さくなる。その結果、歪みゲ-

ジ型センサに外部から加えられた力を高感度で測定することができる。

[0023] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記第1の歪みゲージが配置された位置と前記第2の歪みゲージが配置された位置との厚さの差が設定されていてもよい。

[0024] この構成によると、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を最も高感度で測定することができる。

[0025] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記受力部と前記連結部との連結部分が所定の曲率を有していると共に、前記固定部と前記連結部との連結部分が前記所定の曲率よりも大きい曲率を有していてもよい。

[0026] この構成によると、第1の歪みゲージが配置された位置と第2の歪みゲージが配置された位置とに対して同じ大きさの応力が加えられたときに、第1の歪みゲージが配置された位置の歪み量が第2の歪みゲージが配置された位置の歪み量よりも小さくなる。従って、外部から受力部に対して力が入力された際に、第1の歪みゲージが配置された位置での連結部の歪み量と第2の歪みゲージが配置された位置での連結部の歪み量との差を少なくすることができる。よって、第1の歪みゲージの抵抗値の変化量と第2の歪みゲージの抵抗値の変化量との差が小さくなる。その結果、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を高感度で測定することができる。

[0027] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記受力部と前記連結部との連結部分と、前記固定部と前記連結部との連結部分との曲率の差が設定されていてもよい。

[0028] この構成によると、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を最も高感度で測定することができる。

[0029] 本発明の第2の観点によると、力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置

において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、前記第1の歪みゲージの長さが前記第2の歪みゲージの長さよりも短い歪みゲージ型センサが提供される。

- [0030] この構成によると、外部から受力部に対して力が入力された際に、第1の歪みゲージの抵抗値の変化量と第2の歪みゲージの抵抗値の変化量との差を小さくすることができる。その結果、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を高感度で測定することができる。
- [0031] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記第1の歪みゲージと前記第2の歪みゲージとの長さの差が設定されていてもよい。
- [0032] この構成によると、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を最も高感度で測定することができる。
- [0033] 本発明の第3の観点によると、力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、前記連結部が、前記第1の歪みゲージが配置された第1のダイヤフラムと、前記第2の歪みゲージが配置された第2のダイヤフラムと、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとを接続する接続部とを有しており、前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとの厚さの差、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとの長さの差および前記第1の歪みゲージと前記第2の歪みゲージとの長さの差の少なくともいずれか1つが設定されている歪みゲージ型センサが提供される。
- [0034] この構成によると、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を最も高感度で測定することができる。

[0035] 本発明の第4の観点によると、力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、前記連結部が、前記第1の歪みゲージが配置された位置から前記第2の歪みゲージが配置された位置に向かって次第に肉薄となっており、前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記連結部の前記第1の歪みゲージが配置された位置と前記連結部の前記第2の歪みゲージが配置された位置との厚さの差および前記第1の歪みゲージと前記第2の歪みゲージとの長さの差の少なくともいずれか1つが設定されている歪みゲージ型センサが提供される。

[0036] この構成によると、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を最も高感度で測定することができる。

[0037] 本発明の第5の観点によると、力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、前記受力部と前記連結部との連結部分が所定の曲率を有していると共に、前記固定部と前記連結部との連結部分が前記所定の曲率よりも大きな曲率を有しており、前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記受力部と前記連結部との連結部分と、前記固定部と前記連結部との連結部分との曲率の差および前記第1の歪みゲージと前記第2の歪みゲージとの長さの差の少なくともいずれか1つが設定されている歪みゲージ型センサが提供される。

[0038] この構成によると、歪みゲージ型センサに外部から加えられた力を最も高感度で測定することができる。

- [0039] 本発明の歪みゲージ型センサでは、前記歪みゲージはピエゾ抵抗素子であることが好ましい。
- [0040] この構成によると、ピエゾ抵抗素子は箔歪みゲージに比べてゲージ率が10倍以上大きいので、箔歪みゲージを利用する場合と比べて感度を10倍以上大きくすることができる。
- [0041] 本発明の歪みゲージ型センサユニットは、上述の歪みゲージ型センサを同一平面上に複数備えている。
- [0042] この構成によると、歪みゲージ型センサユニットに対して加えられた力、モーメント、加速度、角加速度等を高感度で検出することができる。
- [0043] 本発明の歪みゲージ型センサユニットでは、前記複数の歪みゲージ型センサは、中心点を中心に等角度おき、且つ前記中心点から等距離に配置されていることが好ましい。
- [0044] この構成によると、各歪みゲージ型センサの歪みゲージの抵抗値の変化から比較的簡易な計算により、歪みゲージ型センサユニットに対して加えられた力、モーメント、加速度、角加速度等を導出することができる。
- [0045] 本発明の歪みゲージ型センサユニットでは、前記角度は90度であってもよい。
- [0046] この構成によると、直交する2軸での力、モーメント、加速度、角加速度等を極めて容易に算出することができる。
- [0047] 本発明の歪みゲージ型センサユニットでは、前記角度は120度であってもよい。
- [0048] この構成によると、3個の歪みゲージ型センサで歪みゲージ型センサユニットに対して加えられた力、モーメント、加速度、角加速度等を算出することができるので、歪みゲージ型センサユニットの構成を簡易化することができる。

発明を実施するための最良の形態

- [0049] 以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。
- [0050] 先ず、図1および図2を参照しつつ、本発明の第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1の構成について説明する。
- [0051] 図1は、本発明の第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1の横断面図である。歪みゲージ型センサ1は、中央に設けられた略円柱形状の受力部11と、周囲に設

けられた固定部12と、受力部11の上面部近傍と固定部12とを連結する略円環形状の連結部13とを備えた起歪体10と、この起歪体10に取り付けられたピエゾ素子などからなる歪みゲージR11〜R34とを有する。なお、受力部11の上面と連結部13の上面とは、同一平面上にある。

[0052] ここでは説明の便宜上XYZ三次元座標系を定義し、この座標系を参照しながら各部品に配置説明を行うことにする。図1においては、受力部11の上面の中心位置が原点O、右水平方向がX軸、上垂直方向がZ軸、紙面に垂直奥方向がY軸、とそれぞれ定義される。つまり、受力部11の上面および連結部13の上面はXY平面を規定し、受力部11の中心位置にZ軸が通ることになる。また、原点Oを通りX軸正方向からY軸正方向に45度をなす軸をS軸とする(図2参照)。なお、S軸とX軸とのなす角度は、S軸がX軸およびY軸と重ならない限り任意に変更可能である。

[0053] 起歪体10は、アルミやSUSなどの金属製可撓性材料から成る。固定部12は、歪みゲージ型センサ1を他の装置に取り付けるためのものであり、受力部11に外力が加わっても歪みや変形が発生しにくいように肉厚の大きい剛性の高いものとしている。連結部13の下面の内縁部には所定幅を有する円環形状の浅溝13aが、外縁部には所定幅を有する円環形状の深溝13bがそれぞれ形成されている。従って、連結部13の中心位置近傍(13aと13bとの間に対応する部分)には肉厚の大きな肉厚部14が形成されている。

[0054] ここで、浅溝13aと深溝13bとの幅(図1において左右方向の長さ)は等しい。また、浅溝13aの深さD1と、深溝13bの深さD2と、浅溝13aの深さD1と深溝13bの深さD2との差D0とは、以下の(式1)、(式2)で表されるような関係がある。

[0055]
$$D1 < D2 \quad (\text{式1})$$

$$D2 - D1 = D0 \quad (\text{式2})$$

[0056] そして、歪みゲージ型センサ1では、連結部13の浅溝13aに対応する部分にはダイヤフラム15が形成され、深溝13bに対応する部分にはダイヤフラム16が形成されている。つまり、連結部13の内縁部近傍はダイヤフラム15として、外縁部近傍はダイヤフラム16としてそれぞれ機能する。そして、受力部11に外力やモーメントが加わった場合には、連結部13に発生する歪みがダイヤフラム15とダイヤフラム16とに集中

するようになっている。

[0057] また、ダイヤフラム15の肉厚は、ダイヤフラム16の肉厚と比べて厚くなる。ここで、ダイヤフラム15とダイヤフラム16との肉厚の差 $T0$ は、浅溝13aの深さ $D1$ と深溝13bの深さ $D2$ との差 $D0$ と一致する。なお、浅溝13aの深さ $D1$ と深溝13bの深さ $D2$ との差 $D0$ つまり、ダイヤフラム15とダイヤフラム16との肉厚の差 $T0$ は、受力部11に外部から力やモーメントが加えられる前と加えられた後とでの、原点 O を通る直線とダイヤフラム15およびダイヤフラム16との交点に生じる歪みの変化量がいずれもほぼ等しくなるように決められる。

[0058] 歪みゲージR11〜R34としては、金属箔歪みゲージや金属線歪みゲージを用いている。歪みゲージR11〜R34は一種の抵抗体であり、歪みの発生する場所に貼り付けて使用する歪みゲージである。歪みゲージは、測定対象に歪みが生じ伸縮すると、それに比例して歪みゲージが伸縮し抵抗値が変化し、歪み ε を測定することができる。一般には、引張りによる歪み ε に対しては抵抗値が大きくなり、圧縮による歪み ε に対しては抵抗値が小さくなる比例特性を持っている。また、その長さが長いほど抵抗値の変化量が大きくなる。なお、通常は材料が歪み ε に対して応力 σ が比例する弾性域で使用する。

[0059] 次に、図2を用いて歪みゲージR11〜R34の配置を説明する。図2は、歪みゲージ型センサ1の上面図である。なお、歪みゲージR11〜R34のリード線の図示は省略している。

[0060] 図2に示すように、X軸上には外部から加えられたX軸方向成分の力を検出する歪みゲージR11〜R14が、X軸に沿って配置されている。歪みゲージR11はダイヤフラム16のX軸正方向に対応する部分に、歪みゲージR12はダイヤフラム15のX軸正方向に対応する部分に、歪みゲージR13はダイヤフラム15のX軸負方向に対応する部分に、歪みゲージR14はダイヤフラム16のX軸負方向に対応する部分にそれぞれ配置されている。

[0061] また、Y軸上には外部から加えられたY軸方向成分の力を検出する歪みゲージR21〜R24が、Y軸に沿って配置されている。歪みゲージR21はダイヤフラム16のY軸負方向に対応する部分に、歪みゲージR22はダイヤフラム15のY軸負方向に対応

する部分に、歪みゲージR23はダイヤフラム15のY軸正方向に対応する部分に、歪みゲージR24はダイヤフラム16のY軸正方向に対応する部分にそれぞれ配置されている。

[0062] また、S軸上には外部から加えられたZ軸方向成分の力を検出する歪みゲージR31〜R34が、S軸に沿って配置されている。歪みゲージR31はダイヤフラム16のS軸正方向に対応する部分に、歪みゲージR32はダイヤフラム15のS軸正方向に対応する部分に、歪みゲージR33はダイヤフラム15のS軸負方向に対応する部分に、歪みゲージR34はダイヤフラム16のS軸負方向に対応する部分にそれぞれ配置されている。

[0063] このように、歪みゲージR11〜R34は、いずれも連結部13に配置されている。そして、歪みゲージR11はそのX軸正方向の外縁部に、歪みゲージR12はそのX軸正方向の内縁部に、歪みゲージR13はそのX軸負方向の内縁部に、歪みゲージR14はそのX軸負方向の外縁部にそれぞれ配置されている。また、歪みゲージR21はそのY軸負方向の外縁部に、歪みゲージR22はそのY軸負方向の内縁部に、歪みゲージR23はそのY軸正方向の内縁部に、歪みゲージR24はそのY軸正方向の外縁部にそれぞれ配置されている。さらに、歪みゲージR31はそのS軸正方向の外縁部に、歪みゲージR32はそのS軸正方向の内縁部に、歪みゲージR33はそのS軸負方向の内縁部に、歪みゲージR34はそのS軸負方向の外縁部にそれぞれ配置されている。

[0064] なお、歪みゲージR11〜R34の長さはいずれも等しい。つまり、歪みゲージR11〜R14のX軸に沿う長さと、歪みゲージR21〜R24のY軸に沿う長さと、歪みゲージR31〜R34のS軸に沿う長さとはいずれも等しい。また、歪みゲージR11〜R34の長さは、ダイヤフラム15およびダイヤフラム16の幅と等しい。つまり、歪みゲージR11〜R34の長さは、いずれもダイヤフラム15、16のX軸、Y軸またはS軸上における長さと同じ。

[0065] また、歪みゲージR11〜R34は、それぞれのX軸、Y軸またはS軸に沿う長さの中心位置が、ダイヤフラム15の幅方向の中心位置またはダイヤフラム16の幅方向の中心位置と一致するように配置されている。

- [0066] ここで、上述したように、ダイヤフラム15とダイヤフラム16との肉厚の差 T_0 は、原点Oを通る直線とダイヤフラム15およびダイヤフラム16との交点に生じる歪みの変化量がいずれもほぼ等しくなるように決められる。従って、X軸上の歪みゲージR11、R12、R13、R14が配置されている位置での歪みの変化量はそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR11、R12、R13、R14の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。
- [0067] 同様に、Y軸上の歪みゲージR21、R22、R23、R24が配置されている位置での歪みの変化量もそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR21、R22、R23、R24の抵抗値の変化量はそれぞれ等しくなる。また、S軸上の歪みゲージR31、R32、R33、R34が配置されている位置での歪みの変化量もそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR31、R32、R33、R34の抵抗値の変化量はそれぞれ等しくなる。
- [0068] 次に、各軸方向ごとに力を検出する原理を説明する。
- [0069] 図3に、受力部11に対して、X軸正方向の力 F_x を加えたときの歪みゲージ型センサ1の状態および各歪みゲージR11〜R14の抵抗値の変化を示す。力 F_x は、受力部11の作用点11aと歪みゲージ型センサ1の原点Oとの距離 L に対応したモーメント M_y (Y軸回りのモーメント)として作用する。このとき、図3に示すように、X軸正方向のダイヤフラム16に対応する部分とX軸負方向のダイヤフラム15に対応する部分とには圧縮による歪みが、またX軸正方向のダイヤフラム15に対応する部分とX軸負方向のダイヤフラム16とに対応する部分には引っ張りによる歪みがそれぞれ生じる。そして、これらの歪みは、歪みゲージR11〜R14によって検出される。なお、図3中の(+)は歪みゲージの抵抗値の増加を、(-)は歪みゲージの抵抗値の減少を示す。
- [0070] 次に、受力部11に対して、Y軸正方向の力 F_y を加えたときは、力 F_y は受力部11の作用点11aと歪みゲージ型センサ1の原点Oとの距離 L に対応したモーメント M_x (X軸回りのモーメント)として作用する。これは上述のX軸正方向の力 F_x を加えたときの状態を90度ずらして考えればよいので、ここでは説明を省略する。
- [0071] 図4に、受力部11に対して、Z軸正方向の力 F_z を加えたときの歪みゲージ型センサ1の状態を示す。このとき、図4に示すように、ダイヤフラム16に対応する部分には圧縮による歪みが、またダイヤフラム15に対応する部分には引っ張りによる歪みがそれ

ぞれ生じる。そして、これらの歪みは、歪みゲージR31〜R34によって検出される。

[0072] ここで、表1に上述した各力に対する歪みゲージR11〜R34の抵抗値の変化を示す。表中、+は抵抗値の増加、-は抵抗値の減少を示し、符号なしは抵抗値が殆ど変化しないことを示す。また、反対方向の力やモーメントの場合には符号が逆になる。

[0073] [表1]

| 歪み ゲージ カ | X軸 | | | | Y軸 | | | | S軸 | | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | R11 | R12 | R13 | R14 | R21 | R22 | R23 | R24 | R31 | R32 | R33 | R34 |
| $F_x(M_y)$ | - | + | - | + | | | | | - | + | - | + |
| $F_y(M_x)$ | | | | | + | - | + | - | - | + | - | + |
| F_z | - | + | + | - | - | + | + | - | - | + | + | - |

[0074] 図5A～図5Cに、各歪みゲージR11～R34で構成される3つのブリッジ回路を示す。具体的には、X軸上の歪みゲージR11～R14で構成されたブリッジ回路17を図5Aに、Y軸上の歪みゲージR21～R24で構成されたブリッジ回路18を図5Bに、S軸

上の歪みゲージR31ーR34で構成されたブリッジ回路19を図5Cにそれぞれ示す。

- [0075] 図5Aに示すように、ブリッジ回路17では、駆動用電圧V+からGNDまでをR11およびR14で直列させると共に、R12およびR13で直列させる。そして、R11とR14との節点aの電圧をV_a、R12とR13との節点bの電圧をV_bとする。
- [0076] また、図5Bに示すように、ブリッジ回路18では、駆動用電圧V+からGNDまでをR21およびR24で直列させると共に、R22およびR23で直列させる。そして、R21とR24との節点cの電圧をV_c、R22とR23との節点dの電圧をV_dとする。
- [0077] また、図5Cに示すように、ブリッジ回路19では、駆動用電圧V+からGNDまでをR31およびR33で直列させると共に、R32およびR34で直列させる。そして、R31とR33との節点eの電圧をV_e、R32とR34との節点fの電圧をV_fとする。
- [0078] 図6に各節点電圧V_aーV_fと受力部11に加えられる力またはモーメントとの関係を示す。力F_xおよびモーメントM_yは節点電圧V_a、V_bの差V_x(=V_a−V_b)として測定できる。また、力F_yおよびモーメントM_xは節点電圧V_c、V_dの差V_y(=V_c−V_d)として測定できる。さらに、力F_zは節点電圧V_e、V_fの差V_z(=V_e−V_f)として測定できる。なお、これらの演算はOAアンプを用いて電氣的に直接演算してもよく、または各節点電圧をAD変換してコンピュータにより演算処理するようにしてもよい。
- [0079] 以上のように、本実施の形態の歪みゲージ型センサ1では、原点Oを通る直線とダイヤフラム15およびダイヤフラム16との交点での歪みの大きさが等しくなるように、ダイヤフラム15およびダイヤフラム16の肉厚の差が決められている。そして、各歪みゲージR11ーR34は、X軸、Y軸またはS軸上のダイヤフラム15またはダイヤフラム16に対応する位置に配置されている。従って、受力部11に対して外部から力やモーメントが加えられた際の、X軸、Y軸またはS軸上の歪みゲージが配置されている位置での歪みの大きさの変化量はいずれもほぼ等しくなり、それらの歪みゲージの抵抗値の変化量もほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージ型センサ1の受力部11に対して外部から加えられた力やモーメントなどを高感度で測定することができる。
- [0080] また、歪みゲージR11ーR34は、原点Oを通り互いに直交するX軸およびY軸と原点Oを通りX軸正方向からY軸正方向に45度をなすS軸上に配置されている。従って、歪みゲージ型センサ1では、X軸方向およびY軸方向への力およびモーメント、さら

には原点Oを通りX軸およびY軸に直交するZ軸方向への力を検出することができる。

- [0081] 次いで、図7を参照しつつ、本発明の第2の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ2の構成について説明する。
- [0082] 図7は、本発明の第2の実施の形態に係る歪みゲージ型センサの横断面図であり、図1に示した第1の実施の形態と対応したものである。本実施の形態に係る歪みゲージ型センサ2の構成が、図1に示した第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1の構成と主に異なる点は、第1の実施の形態では、連結部13が肉厚部14とダイヤフラム15とダイヤフラム16とから構成されているが、本実施の形態の連結部23は1つのダイヤフラムから構成されている点である。なお、その他の構成や力およびモーメントの検出原理や回路構成については、第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1とほぼ同様であるので、詳細な説明は省略する。
- [0083] 連結部23は、図7に示すように、肉薄に形成されており、ダイヤフラムとして機能する。また、連結部23は、略円環形状であって、その下面は一定の勾配で外側ほどその肉厚が薄くなるように傾斜している。従って、連結部23の外縁部近傍の方が内縁部近傍と比べて肉薄となっている。
- [0084] なお、連結部23の内縁部の肉厚と外縁部の肉厚との差 $D0'$ （連結部23の下面の勾配の大きさに依存）は、受力部11に外部から力やモーメントが加えられる前と加えられた後とでの、原点Oを通る直線上における連結部23の内縁部近傍と外縁部近傍とに対応する位置に生じる歪みの変化量がほぼ等しくなるように決められる。
- [0085] また、本実施の形態の歪みゲージR11～R34の配置については、第1の実施の形態とほぼ同様であり、第1の実施の形態の連結部13に対応する連結部23に配置されている。つまり、歪みゲージR11～R14は、X軸上において連結部23の外縁部または内縁部にそれぞれ配置され、歪みゲージR21～R24は、Y軸上において連結部23の外縁部または内縁部にそれぞれ配置され、歪みゲージR31～R34は、S軸上において連結部23の外縁部または内縁部にそれぞれ配置される。
- [0086] ここで、上述したように、連結部23の内縁部の肉厚と外縁部の肉厚との差 $D0'$ は、原点Oを通る直線上における連結部23の内縁部近傍と連結部23の外縁部近傍とに

対応する位置に生じる歪みの変化量がほぼ等しくなるように決められる。従って、X軸上の歪みゲージR11〜R14が配置されている位置での歪みの変化量はそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR11〜R14の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。

[0087] 同様に、Y軸上の歪みゲージR21〜R24が配置されている位置での歪みの変化量もそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR21〜R24の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。また、S軸上の歪みゲージR31〜R34が配置されている位置での歪みの変化量もそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR31〜R34の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。

[0088] 以上のように、本実施の形態の歪みゲージ型センサ2によると、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1と同様の効果を得ることができる。

[0089] 次いで、図8を参照しつつ、本発明の第3の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ3の構成について説明する。

[0090] 図8は、本発明の第3の実施の形態に係る歪みゲージ型センサの横断面図であり、図1に示した第1の実施の形態と対応したものである。本実施の形態に係る歪みゲージ型センサ3の構成が、図1に示した第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1の構成と主に異なる点は、第1の実施の形態では、連結部13が肉厚部14とダイヤフラム15とダイヤフラム16とから構成されているが、本実施の形態の連結部33は1つのダイヤフラムから構成されている点である。なお、その他の構成や力およびモーメントの検出原理や回路構成については、第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1とほぼ同様であるので、詳細な説明は省略する。

[0091] 連結部33は、図8に示すように、肉薄に形成されており、ダイヤフラムとして機能する。また、連結部33は、略円環形状であり、連結部33の外縁部近傍には肉厚一定の板状部分33aが形成されており、内縁部近傍には一定の曲率を持っており内縁部に行くほど肉厚となる湾曲部分33bが形成されている。

[0092] なお、湾曲部33bの曲率は、受力部11に外部から力やモーメントが加えられる前と加えられた後とでの、原点Oを通る直線上における連結部33の内縁部近傍と連結部33の外縁部近傍とに対応する位置に生じる歪みの変化量がほぼ等しくなるように決

められる。

- [0093] また、本実施の形態の歪みゲージR11〜R34の配置については、第1の実施の形態とほぼ同様であり、第1の実施の形態の連結部13に対応する連結部33に配置されている。つまり、歪みゲージR11〜R14は、X軸上において連結部33の外縁部または内縁部にそれぞれ配置され、歪みゲージR21〜R24は、Y軸上において連結部33の外縁部または内縁部にそれぞれ配置され、歪みゲージR31〜R34は、S軸上において連結部33の外縁部または内縁部にそれぞれ配置される。
- [0094] ここで、上述したように、湾曲部33bの曲率は、原点Oを通る直線上における連結部33の内縁部近傍と連結部33の外縁部近傍とに対応する位置に生じる歪みの変化量がほぼ等しくなるように決められる。従って、X軸上の歪みゲージR11〜R14が配置されている位置での歪みの変化量はそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR11〜R14の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。
- [0095] 同様に、Y軸上の歪みゲージR21〜R24が配置されている位置での歪みの変化量もそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR21〜R24の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。また、S軸上の歪みゲージR31〜R34が配置されている位置での歪みの変化量もそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR31〜R34の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。
- [0096] 以上のように、本実施の形態の歪みゲージ型センサ3によると、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1および第2の実施の形態の歪みゲージ型センサ2と同様の効果を得ることができる。
- [0097] 次いで、図9を参照しつつ、本発明の第4の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ4の構成について説明する。
- [0098] 図9は、本発明の第4の実施の形態に係る歪みゲージ型センサの横断面図であり、図1に示した第1の実施の形態と対応したものである。本実施の形態に係る歪みゲージ型センサ4の構成が、図1に示した第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1の構成と主に異なる点は、第1の実施の形態では、ダイヤフラム16がダイヤフラム15よりも肉薄であり且つ、歪みゲージR11〜R34のX軸、Y軸またはS軸に沿う長さはいずれも等しくなるように構成されているが、本実施の形態のダイヤフラム45とダイヤフ

ラム46との肉厚は等しく且つ、ダイヤフラム46に対応する位置に配置される歪みゲージR11、R14、R21、R24、R31、R34のX軸、Y軸またはS軸に沿う長さは、ダイヤフラム45に対応する位置に配置される歪みゲージR12、R13、R22、R23、R32、R33のX軸、Y軸またはS軸に沿う長さよりも長くなるように構成されている点である。なお、その他の構成や力およびモーメントの検出原理や回路構成については、第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1とほぼ同様であるので、詳細な説明は省略する。

[0099] ダイヤフラム45およびダイヤフラム46は、図9に示すように、略円環形状の連結部43の内縁部近傍と外縁部近傍とにおいて、それらの幅と肉厚とがそれぞれ等しくなるように形成されている。従って、受力部41に外部から力やモーメントが加えられる前と加えられた後とでの、原点Oを通る直線とダイヤフラム45およびダイヤフラム46との交点に生じる歪みの変化量は、ダイヤフラム46に生じる歪みの変化量がダイヤフラム45に生じる歪みの変化量に比べて少なくなる。

[0100] また、本実施の形態の歪みゲージR11〜R34の配置については、第1の実施の形態とほぼ同様であり、第1の実施の形態の連結部13に対応する連結部43に配置されている。そして、歪みゲージR11〜R14は、X軸上のダイヤフラム45またはダイヤフラム46に対応する位置にそれぞれ配置され、歪みゲージR21〜R24は、Y軸上のダイヤフラム45またはダイヤフラム46に対応する位置にそれぞれ配置され、歪みゲージR31〜R34は、S軸上のダイヤフラム45またはダイヤフラム46に対応する位置にそれぞれ配置される。

[0101] ここで、ダイヤフラム45に対応する位置に配置される歪みゲージR12、R13、R22、R23、R32、R33のX軸、Y軸またはS軸に沿う長さL1と、ダイヤフラム46に対応する位置に配置される歪みゲージR11、R14、R21、R24、R31、R34のX軸、Y軸またはS軸に沿う長さL2と、これらの差L0とは、以下の(式3)、(式4)で表されるような関係がある。

$$[0102] \quad L1 < L2 \quad (\text{式3})$$

$$L2 - L1 = L0 \quad (\text{式4})$$

[0103] そして、L1とL2との差L0は、受力部41に外部から力やモーメントが加えられる前と

加えられた後とでの、歪みゲージR11～R34のうち原点Oを通る直線上に一系列に配置されたものの抵抗値の変化量がいずれもほぼ等しくなるように決められる。

[0104] 従って、X軸上に配置されている歪みゲージR11～R14の抵抗値の変化量、Y軸上に配置されている歪みゲージR21～R24の抵抗値の変化量、およびS軸上に配置されている歪みゲージR31～R34の抵抗値の変化量はそれぞれ等しくなる。

[0105] 以上のように、本実施の形態の歪みゲージ型センサ4によると、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1、第2の実施の形態の歪みゲージ型センサ2および第3の実施の形態の歪みゲージ型センサ3と同様の効果を得ることができる。

[0106] 次いで、図10を参照しつつ、本発明の第5の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ5の構成について説明する。

[0107] 図10は、本発明の第5の実施の形態に係る歪みゲージ型センサの横断面図であり、図1に示した第1の実施の形態と対応したものである。本実施の形態に係る歪みゲージ型センサ5の構成が、図1に示した第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1の構成と主に異なる点は、第1の実施の形態では、ダイヤフラム16がダイヤフラム15よりも肉薄であり且つ、それらの幅は等しくなるように構成されているが、本実施の形態のダイヤフラム55とダイヤフラム56との肉厚は等しく且つ、ダイヤフラム56の幅がダイヤフラム55の幅よりも広くなるように構成されている点である。なお、その他の構成や力およびモーメントの検出原理や回路構成については、第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1とほぼ同様であるので、詳細な説明は省略する。

[0108] ダイヤフラム55およびダイヤフラム56は、図10に示すように、略円環形状の連結部53の内縁部近傍と外縁部近傍とにおいて、それらの幅が等しくなるように形成されている。また、ダイヤフラム55の幅W1と、ダイヤフラム56の幅W2と、それらの差W0とは、以下の(式5)、(式6)で表されるような関係がある。

$$[0109] \quad W1 < W2 \quad (式5)$$

$$W2 - W1 = W0 \quad (式6)$$

[0110] そして、ダイヤフラム55とダイヤフラム56との幅の差W0は、受力部51に外部から力やモーメントが加えられる前と加えられた後とでの、原点Oを通る直線とダイヤフラム55およびダイヤフラム56との交点に生じる歪みの変化量がいずれもほぼ等しくな

るように決められる。

[0111] また、本実施の形態の歪みゲージR11〜R34の配置については、第1の実施の形態とほぼ同様であり、第1の実施の形態の連結部13に対応する連結部53に配置されている。そして、歪みゲージR11〜R14は、X軸上の外縁部または内縁部にそれぞれ配置され、歪みゲージR21〜R24は、Y軸上の外縁部または内縁部にそれぞれ配置され、歪みゲージR31〜R34は、S軸上の外縁部または内縁部にそれぞれ配置される。

[0112] ここで、上述したように、ダイヤフラム55とダイヤフラム56との幅の差W0は、原点Oを通る直線とダイヤフラム55およびダイヤフラム56との交点に生じる歪みの変化量がいずれもほぼ等しくなるように決められる。従って、X軸上の歪みゲージR11〜R14が配置されている位置での歪みの変化量はそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR11〜R14の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。

[0113] 同様に、Y軸上の歪みゲージR21〜R24が配置されている位置での歪みの変化量もそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR21〜R24の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。また、S軸上の歪みゲージR31〜R34が配置されている位置での歪みの変化量もそれぞれほぼ等しくなる。その結果、歪みゲージR31〜R34の抵抗値の変化量はそれぞれほぼ等しくなる。

[0114] 以上のように、本実施の形態の歪みゲージ型センサ5によると、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1、第2の実施の形態の歪みゲージ型センサ2、第3の実施の形態の歪みゲージ型センサ3および第4の実施の形態の歪みゲージ型センサ4と同様の効果を得ることができる。

[0115] 次いで、図11〜図13を参照しつつ、本発明の第6の実施の形態に係る歪みゲージ型センサユニット100の構成について説明する。

[0116] 図11は、本発明の第6の実施の形態に係る歪みゲージ型センサユニット100の第1部材101の表面101aに設けられた歪みゲージR111〜R148の配置を示す図である。また、図12は、歪みゲージ型センサユニット100の横断面図である。本実施の形態に係る歪みゲージ型センサユニット100が、第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1と異なる点は、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1は3軸力覚セン

サであるが、本実施の形態の歪みゲージ型センサユニット100は6軸力覚センサである点である。

[0117] 歪みゲージ型センサユニット100は、図11および図12に示すように、第1部材101と第1部材101と対向して配置されている第2部材102とを有しており、第1部材101または第2部材102に外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度の少なくとも1つを測定するものである。第1部材101および第2部材102は略円盤形状のフランジから成る。また、第1部材101には、4つの歪みゲージ型センサ104ー107が形成されており、第2部材102には、歪みゲージ型センサ104ー107にそれぞれ対向するように4つの起歪体10が形成されている。そして、互いに向き合う歪みゲージ型センサ104ー107と起歪体10との受力部11同士がボルト109により連結されている。これにより、第1部材101と第2部材102とが一体化されている。

[0118] 第1部材101に形成されている歪みゲージ型センサ104の構成が、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1の構成と異なる点は、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1では、X、Y、Sの3軸上にそれぞれ4個、即ち12個の歪みゲージR11ーR34が配置されているが、本実施の形態の歪みゲージ型センサ104では、X、Yの2軸上にそれぞれ4個、即ち8個の歪みゲージR111ーR118が配置されている点である。その他の構成については、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1と同様であるので、詳細な説明は省略する。同様に、歪みゲージ型センサ105、106、107についても、それぞれ8個の歪みゲージR121ーR128、R131ーR138、R141ーR148が配置されている。したがって、第1部材101上には、4組の歪みゲージR111ーR118、R121ーR128、R131ーR138、R141ーR148が配置されている。

[0119] ここでは説明の便宜上X'Y'Z'三次元座標系を定義し、この座標系を参照しながら各部品に配置説明を行うことにする。図12においては、第1部材101の表面101aの中心位置が原点O'、右水平方向がX'軸、紙面に垂直手前方向がY'軸、下垂直方向がZ'軸とそれぞれ定義される。つまり、第1部材101の表面101aはX'Y'平面を規定し、第1部材101の中心位置にZ'軸が通ることになる。

[0120] また、図11においては、歪みゲージ型センサ104ー107のそれぞれについて、その上面で規定されるX軸、Y軸を示している。

- [0121] 歪みゲージ型センサ104～107は、原点O'を中心に等角度おきかつ原点O'から等距離に配置されている。ここでは、90度おきに配置されている。さらに、歪みゲージ型センサ104はX'軸正方向に、歪みゲージ型センサ105はY'軸負方向に、歪みゲージ型センサ106はX'軸負方向に、歪みゲージ型センサ107はY'軸正方向にそれぞれ配置されている。また、歪みゲージ型センサ104、106は、それらのX軸がX'軸と一致するように配置されており、歪みゲージ型センサ105、107は、それらのY軸がY'軸と一致するように配置されている。
- [0122] よって、この歪みゲージ型センサユニット100は、3次元空間の直交する3軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための6軸力覚センサとして機能する。図13に、X'軸、Y'軸、Z'軸の方向と、各軸に対するモーメントMx'、My'、Mz'の方向を示す。
- [0123] また、各歪みゲージ型センサ104～107の大きさや形状は等しい。これにより、第1部材101と第2部材102と受力部11とが全体として平行四辺形の四辺を構成するように変位するときに、力の方向や大きさに応じた歪みが歪みゲージR111～148が配置されている位置に発生するようになるので、力やモーメントを高精度に検出することができる。なお、歪みゲージの取り付け作業を簡易にしたり歪みゲージの保護を図るために、取り付け位置に段差を設けてもよい。
- [0124] 図14に、各歪みゲージR111～R148で構成される8つのブリッジ回路を示す。図14に示すように、各ブリッジ回路はいずれも、各歪みゲージ型センサ104～107のX軸、Y軸上に直線的に配置された4つの歪みゲージから構成されている。これにより、各歪みゲージ型センサ104～107での歪みの発生状況が8つの電圧として直接出力されるようになる。
- [0125] この場合、以下の(式7)～(式12)により演算を行って力とモーメントとを算出することができる。

$$[0126] \quad F_{x'} = V_4 - V_2 \quad (\text{式7})$$

$$F_{y'} = V_3 - V_1 \quad (\text{式8})$$

$$F_{z'} = V_5 + V_6 + V_7 + V_8 \quad (\text{式9})$$

$$M_{x'} = V_8 - V_5 \quad (\text{式10})$$

$$My' = V7 - V5 \quad (\text{式11})$$

$$Mz' = V1 + V2 + V3 + V4 \quad (\text{式12})$$

- [0127] なお、上述の演算は各抵抗値を既知または新規の手段を用いて電圧に変換し、OPアンプで演算しても良く、あるいはAD変換機を用いてマイクロコントローラやコンピュータを用いて演算してもよい。
- [0128] 以上のように、本実施の形態の歪みゲージ型センサユニット100によると、4つの歪みゲージ型センサ104～107を備えている。従って、3軸の力およびモーメント、あるいは加速度および角加速度を高感度で測定することができる。
- [0129] また、歪みゲージ型センサ104～107は、原点O'を中心に等角度おきかつ原点O'から等距離に配置されている。従って、歪みゲージ型センサ104～107の各歪みゲージの抵抗値の変化から比較的簡易な計算によりX'軸、Y'軸、Z'軸の力やモーメントなどを算出することができる。
- [0130] また、歪みゲージ型センサ104はX'軸正方向に、歪みゲージ型センサ105はY'軸負方向に、歪みゲージ型センサ106はX'軸負方向に、歪みゲージ型センサ107はY'軸正方向にそれぞれ配置されている。従って、X'軸およびY'軸での力やモーメントなどを容易に算出することができる。
- [0131] また、歪みゲージ型センサ104、106は、それらのX軸がX'軸と一致するように配置されており、歪みゲージ型センサ105、107は、それらのY軸がY'軸と一致するように配置されている。従って、歪みゲージ型センサユニット100に対して外部から力やモーメントが加えられた際に、各歪みゲージ型センサ104～107の中で最も大きな歪みが生じる位置に歪みゲージが配置されているので、歪みを高感度で検知することができる。従って、歪みゲージ型センサユニット100に対して外部から加えられた力やモーメントを高感度で測定することができる。
- [0132] また、本実施の形態の歪みゲージ型センサユニット100は、歪みゲージR111～R148を備える歪みゲージ型センサ104～107を有する第1部材101と、歪みゲージ型センサ104～107にそれぞれ対向する歪みゲージを備えていない4つの起歪体10を有する第2部材102とを有しており、互いに向き合う歪みゲージ型センサ104～107と起歪体10との受力部11同士が連結されている。従って、片方の部材のみに歪

みゲージ型センサを設けるだけで多軸の力およびモーメントを測定することができる。

- [0133] 次いで、図15を参照しつつ、本発明の第7の実施の形態に係る歪みゲージ型センサユニット200の構成について説明する。
- [0134] 図15は、本発明の第7の実施の形態に係る歪みゲージ型センサユニット200の第1部材201の表面201aに設けられた歪みゲージR211〜R238の配置を示す図である。本実施の形態に係る歪みゲージ型センサユニット200が、第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサ1と異なる点は、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1は3軸力覚センサであるが、本実施の形態の歪みゲージ型センサユニット200は6軸力覚センサである点である。
- [0135] 歪みゲージ型センサユニット200は、図15に示すように、第1部材201と第1部材201に対向して配置されている図示しない第2部材とを有しており、第1部材101または第2部材に外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度の少なくとも1つを測定するものである。第1部材201および第2部材は略円盤形状のフランジから成る。また、第1部材201には、3つの歪みゲージ型センサ204〜206が形成されており、第2部材には、歪みゲージ型センサ204〜206にそれぞれ対向するように3つの起歪体が形成されている。そして、互いに向き合う歪みゲージ型センサ204〜206と起歪体との受力部同士が図示しないボルトにより連結されている。これにより、第1部材101と第2部材とが一体化されている。
- [0136] 第1部材201に形成されている歪みゲージ型センサ204の構成が、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1の構成と異なる点は、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1では、X、Y、Sの3軸上にそれぞれ4個、即ち12個の歪みゲージR11〜R34が配置されているが、本実施の形態の歪みゲージ型センサ204では、X、Yの2軸上にそれぞれ4個、即ち8個の歪みゲージR211〜R218が配置されている点である。その他の構成については、第1の実施の形態の歪みゲージ型センサ1と同様であるので、詳細な説明は省略する。同様に、歪みゲージ型センサ205、206についても、それぞれ8個の歪みゲージR221〜R228、R231〜R238が配置されている。つまり、第1部材201上には、3組の歪みゲージR211〜R218、R221〜R228、R231〜

R238が配置されている。

- [0137] ここで、上述の第6の実施の形態と同様に、 $X'Y'Z'$ 三次元座標系を定義し、この座標系を参照しながら各部品に配置説明を行うことにする。なお、図15においては、歪みゲージ型センサ204～206のそれぞれについて、その上面で規定されるX軸、Y軸を示している。
- [0138] 歪みゲージ型センサ204～206は、原点 O' を中心に等角度おきかつ原点 O' から等距離に配置されている。ここでは、120度おきに配置されている。さらに、歪みゲージ型センサ204は、歪みゲージ型センサ204のX軸が、原点 O' を通りY'軸負方向からX'軸正方向に120度をなす線分 CO' と一致するように配置されている。また、歪みゲージ型センサ205は、歪みゲージ型センサ205はY'軸負方向において、そのY軸がY'軸と一致するように配置されている。さらに、歪みゲージ型センサ206は、歪みゲージ型センサ206のX軸が、原点 O' を通りY'軸負方向からX'軸負方向に120度をなす線分 DO' と一致するように配置されている。
- [0139] 本実施の形態により各軸成分ごとに力とモーメントを検出する原理を説明する。以下、第1部材201を固定し、第2部材に力やモーメントが作用するものとする。直線状に配置された4つの歪みゲージから成る歪みゲージ群は、配置された列方向に引っ張りや圧縮の歪みを加えた場合、最も歪みに対する抵抗値の変化の率が大きくなり感度が高くなる。図15に示すように6つの歪みゲージ群があるが、それぞれ最も感度が高くなる方向が異なる。しかし、各歪みゲージ群の感度を X' 、 Y' 、 Z' の3軸方向のベクトルに分解して考えれば6軸成分の力やモーメントを検出することができる。よって、この歪みゲージ型センサユニット200は、3次元空間の直交する3軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための6軸力覚センサとして機能する。
- [0140] また、本実施の形態の歪みゲージR211～R238で構成されるブリッジ回路については第6の実施の形態のブリッジ回路とほぼ同様である。第6の実施の形態では、各歪みゲージ型センサ104～107のX軸、Y軸上に直線的に配置された各歪みゲージ群によって、8つのセンサ回路が構成されているが、本実施の形態では、各歪みゲージ型センサ204～206のX軸、Y軸上に直線的に配置された各歪みゲージ群によって、6つのセンサ回路が構成されている。これにより、各歪みゲージ型センサ204～2

06での歪みの発生状況が6つの電圧として直接出力されるようになる。

- [0141] そして、各歪みゲージ群がX'軸またはY'軸と成す角度や、原点O'と各歪みゲージ型センサ204ー206の原点Oとの距離を考慮し、各センサ回路からの出力電圧値を用いて演算を行うことにより、X'、Y'、Z'軸の各軸の方向の力 F_x' 、 F_y' 、 F_z' と、各軸に対するモーメント M_x' 、 M_y' 、 M_z' とを算出することができる。
- [0142] 以上のように、本実施の形態の歪みゲージ型センサユニット200によると、第6の実施の形態の歪みゲージ型センサユニット100と同様の効果を得ることができる。また、歪みゲージ型センサ204ー206は、原点O'を中心に120度おきに配置されている。従って、3つの歪みゲージ型センサで多軸の力およびモーメントを測定することができるので、歪みゲージ型センサユニットの構成を簡易化することができる。
- [0143] 以上、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて、様々な設計変更を行うことが可能なものである。例えば、上述の第1ー第7の実施の形態では、各歪みゲージ型センサにおいて、直線的に配置された4つの歪みゲージの抵抗値の変化量がほぼ等しくなる場合について説明しているが、これに限らず、4つの歪みゲージの抵抗値がいずれも大きく変化すればよい。
- [0144] また、上述の第1ー第7の実施の形態では、ブリッジ回路に対して定電圧とGNDを加える駆動方式としているが、これに限らず正負の両電圧を加えて駆動するようにしてもよい。あるいは、定電圧の代わりに定電流を加えて駆動するようにしてもよい。
- [0145] また、上述の第1ー第7の実施の形態での歪みゲージの配置は図示したものに限られないのは勿論である。歪みゲージの配置を変更しても、直線的に配置された歪みゲージ群の各歪みゲージが配置されている位置での歪みの大きさが等しくなり、ブリッジ回路の各節点電圧の差や和などの演算によって、3軸または6軸の力やモーメントなどが求まればよい。
- [0146] また、上述の実施の形態では、3軸または6軸の力やモーメントを検出するセンサとしているが、これに限らず例えばX軸とY軸との2方向の力だけを検出する2軸センサとして使用してもよい。

産業上の利用可能性

[0147] 本発明は、外部から作用する直交する3軸方向の力とその軸の回転方向のモーメントの計6成分のうちの少なくとも1つの成分の方向と大きさを測定できる歪みゲージ型センサとして最適である。従って、例えばアミューズメントの分野での実用化が期待されているヒューマノイドロボットにおいて、本発明の歪みゲージ型センサをヒューマノイドロボットの手や足に組み込めば、ヒューマノイドロボットの手や足に作用する力やモーメントを高い応答性で精度良く検出することが、従来のセンサより低コストで可能となる。

図面の簡単な説明

[0148] [図1]本発明の第1の実施の形態に係る歪みゲージ型センサの横断面図である。

[図2]図1の歪みゲージ型センサの上面図である。

[図3]図1の歪みゲージ型センサの受力部に対してX軸正方向の力が加えられたときの歪みゲージ型センサの状態および歪みゲージの抵抗値の変化を示す横断面図である。

[図4]図1の歪みゲージ型センサの受力部に対してZ軸正方向の力が加えられたときの歪みゲージ型センサの状態を示す横断面図である。

[図5A]図1の歪みゲージ型センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

[図5B]図1の歪みゲージ型センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

[図5C]図1の歪みゲージ型センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

[図6]図5に示すブリッジ回路の節点電圧の演算処理の例を示す図である。

[図7]本発明の第2の実施の形態に係る歪みゲージ型センサの横断面図である。

[図8]本発明の第3の実施の形態に係る歪みゲージ型センサの横断面図である。

[図9]本発明の第4の実施の形態に係る歪みゲージ型センサの横断面図である。

[図10]本発明の第5の実施の形態に係る歪みゲージ型センサの横断面図である。

[図11]本発明の第6の実施の形態に係る歪みゲージ型センサユニットの第1部材の表面に設けられた歪みゲージの配置を示す図である。

[図12]図11に示す歪みゲージ型センサユニットの横断面図である。

[図13]直交座標軸を示す斜視図である。

[図14]図11に示す歪みゲージ型センサユニットのブリッジ回路の一例を示す回路図

である。

[図15]本発明の第7の実施の形態に係る歪みゲージ型センサユニットの第1部材の表面に設けられた歪みゲージの配置を示す図である。

[図16]従来の歪みゲージ型センサの横断面図である。

[図17]図16の歪みゲージ型センサの上面図である。

[図18A]図16の歪みゲージ型センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

[図18B]図16の歪みゲージ型センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

[図18C]図16の歪みゲージ型センサのブリッジ回路の一例を示す回路図である。

[図19]図16の歪みゲージ型センサの受力部に対してX軸正方向の力が加えられたときの歪みゲージ型センサの状態を示す横断面図である。

符号の説明

- [0149] 1、2、3、4、5、104～107、204～206 歪みゲージ型センサ
10、20、30、40、50 起歪体
11、21、31、41、51 受力部
12、22、32、42、52 固定部
13、23、33、43、53 連結部
17～19 ブリッジ回路
100、200 歪みゲージ型センサユニット
101、201 第1部材
102 第2部材
15、16、45、46、55、56 ダイヤフラム
R11～R34、R111～R148、R211～R238 歪みゲージ

請求の範囲

- [1] 力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、
前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、
前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、
前記連結部は、前記第1の歪みゲージが配置された位置と前記第2の歪みゲージが配置された位置とに同じ大きさの応力が加えられたときに、前記第1の歪みゲージが配置された位置における歪み量が前記第2の歪みゲージが配置された位置における歪み量よりも小さくなるような形状を有していることを特徴とする歪みゲージ型センサ。
- [2] 前記第1および前記第2の歪みゲージはそれぞれ2つずつ備えられており、
前記第1および前記第2の歪みゲージはいずれも1つの直線上に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の歪みゲージ型センサ。
- [3] 前記第1および前記第2の歪みゲージはそれぞれ6つずつ備えられており、
前記第1および前記第2の歪みゲージは互いに異なる3つの直線のいずれかの直線上にそれぞれ2つずつ配置されていることを特徴とする請求項1または2に記載の歪みゲージ型センサ。
- [4] 前記受力部は円柱状であると共に、
前記固定部および前記連結部はいずれも円環状であって前記受力部と同心に配置されていることを特徴とする請求項1〜3のいずれか1項に記載の歪みゲージ型センサ。
- [5] 前記連結部が、
前記第1の歪みゲージが配置された第1のダイヤフラムと、
前記第1のダイヤフラムよりも肉薄であって、前記第2の歪みゲージが配置された第2のダイヤフラムと、
前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとを接続しており、前記第1のダイ

ダイヤフラムよりも肉厚の接続部とを有していることを特徴とする請求項1〜4のいずれか1項に記載の歪みゲージ型センサ。

- [6] 前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとの厚さの差および前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとの長さの差の少なくともいずれか1つが設定されていることを特徴とする請求項5に記載の歪みゲージ型センサ。
- [7] 前記連結部が、前記第1の歪みゲージが配置された位置から前記第2の歪みゲージが配置された位置に向かって次第に肉薄となることを特徴とする請求項1〜4のいずれか1項に記載の歪みゲージ型センサ。
- [8] 前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記第1の歪みゲージが配置された位置と前記第2の歪みゲージが配置された位置との厚さの差が設定されていることを特徴とする請求項7に記載の歪みゲージ型センサ。
- [9] 前記受力部と前記連結部との連結部分が所定の曲率を有していると共に、前記固定部と前記連結部との連結部分が前記所定の曲率よりも大きい曲率を有していることを特徴とする請求項1〜4のいずれか1項に記載の歪みゲージ型センサ。
- [10] 前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記受力部と前記連結部との連結部分と、前記固定部と前記連結部との連結部分との曲率の差が設定されていることを特徴とする請求項9に記載の歪みゲージ型センサ。
- [11] 力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、
前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、
前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、
前記第1の歪みゲージの長さが前記第2の歪みゲージの長さよりも短いことを特徴

とする歪みゲージ型センサ。

- [12] 前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記第1の歪みゲージと前記第2の歪みゲージとの長さの差が設定されていることを特徴とする請求項11に記載の歪みゲージ型センサ。

- [13] 力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、

前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、

前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、

前記連結部が、

前記第1の歪みゲージが配置された第1のダイヤフラムと、

前記第2の歪みゲージが配置された第2のダイヤフラムと、

前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとを接続する接続部とを有しており

、

前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとの厚さの差、前記第1のダイヤフラムと前記第2のダイヤフラムとの長さの差および前記第1の歪みゲージと前記第2の歪みゲージとの長さの差の少なくともいずれか1つが設定されていることを特徴とする歪みゲージ型センサ。

- [14] 力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、

前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、

前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、

前記連結部が、前記第1の歪みゲージが配置された位置から前記第2の歪みゲージが配置された位置に向かって次第に肉薄となっており、

前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記連結部の前記第1の歪みゲージが配置された位置と前記連結部の前記第2の歪みゲージが配置された位置との厚さの差および前記第1の歪みゲージと前記第2の歪みゲージとの長さの差の少なくともいずれか1つが設定されていることを特徴とする歪みゲージ型センサ。

- [15] 力が入力される受力部、支持体に固定された固定部、及び、前記受力部と前記固定部とを連結しており且つ前記受力部に入力された力に応じた歪みが発生する連結部とを有する起歪体と、

前記起歪体の前記連結部に配置された第1の歪みゲージと、

前記第1の歪みゲージよりも前記固定部に近い位置において前記連結部に配置された第2の歪みゲージとを備えており、

前記受力部と前記連結部との連結部分が所定の曲率を有していると共に、前記固定部と前記連結部との連結部分が前記所定の曲率よりも大きな曲率を有しており、

前記受力部に力が入力された場合に、前記第1の歪みゲージの抵抗値の変化量が前記第2の歪みゲージの抵抗値の変化量と実質的に同じになるように、前記受力部と前記連結部との連結部分と、前記固定部と前記連結部との連結部分との曲率の差および前記第1の歪みゲージと前記第2の歪みゲージとの長さの差の少なくともいずれか1つが設定されていることを特徴とする歪みゲージ型センサ。

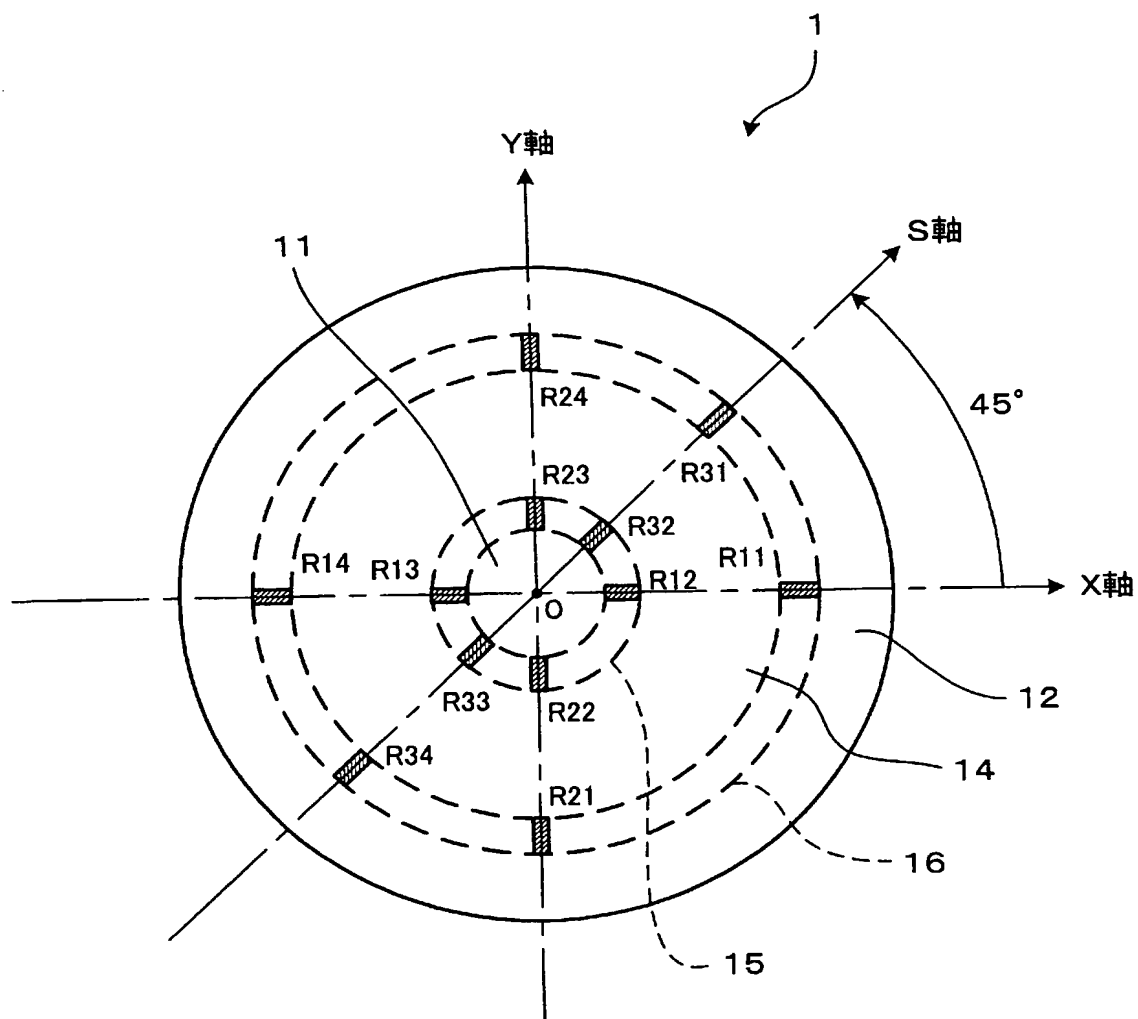
- [16] 前記歪みゲージはピエゾ抵抗素子であることを特徴とする請求項1〜15のいずれか1項に記載の歪みゲージ型センサ。

- [17] 請求項1〜16のいずれか1項に記載の歪みゲージ型センサを同一平面上に複数備えていることを特徴とする歪みゲージ型センサユニット。

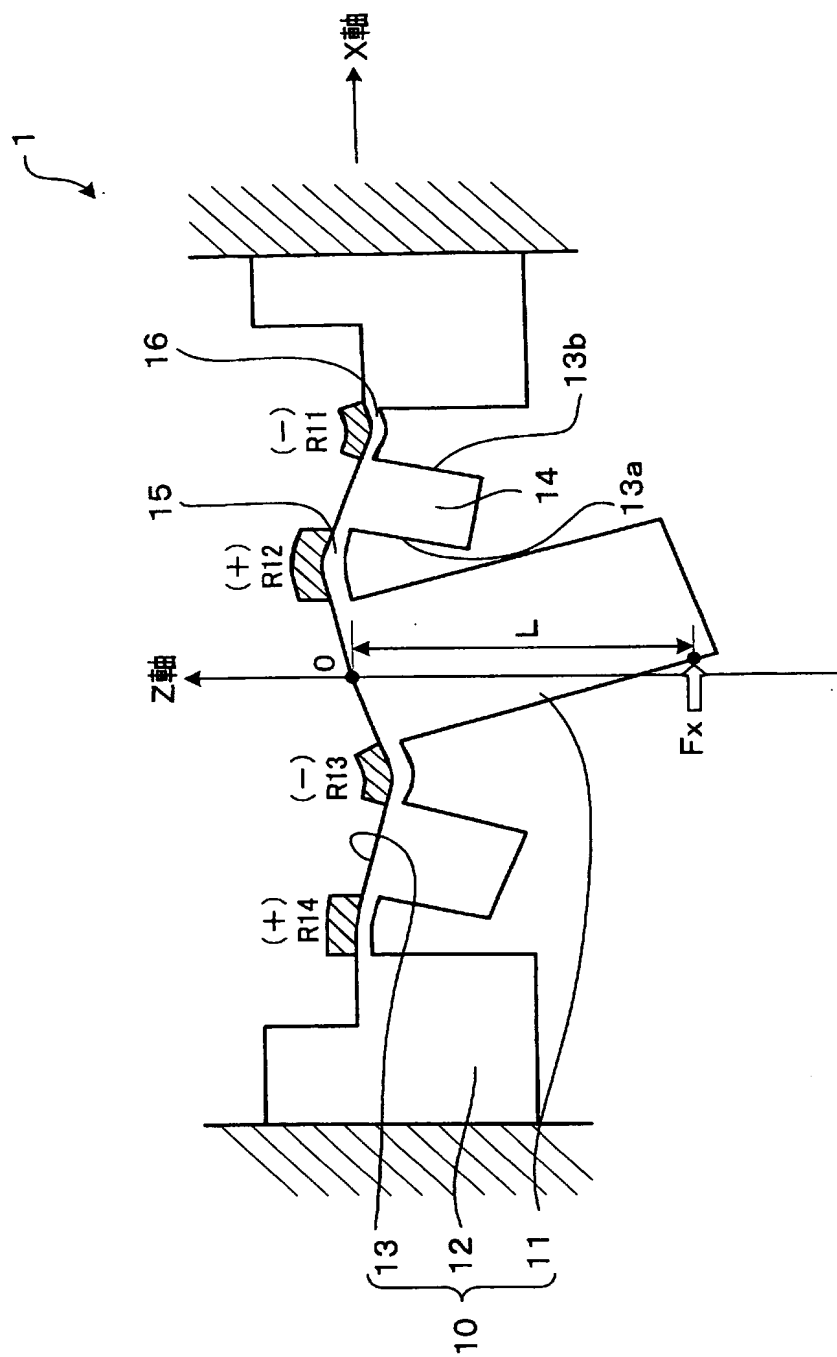
- [18] 前記複数の歪みゲージ型センサは、中心点を中心に等角度おき、且つ前記中心点から等距離に配置されていることを特徴とする請求項17に記載の歪みゲージ型センサユニット。

- [19] 前記角度は90度であることを特徴とする請求項18に記載の歪みゲージ型センサユニット。
- [20] 前記角度は120度であることを特徴とする請求項18に記載の歪みゲージ型センサユニット。

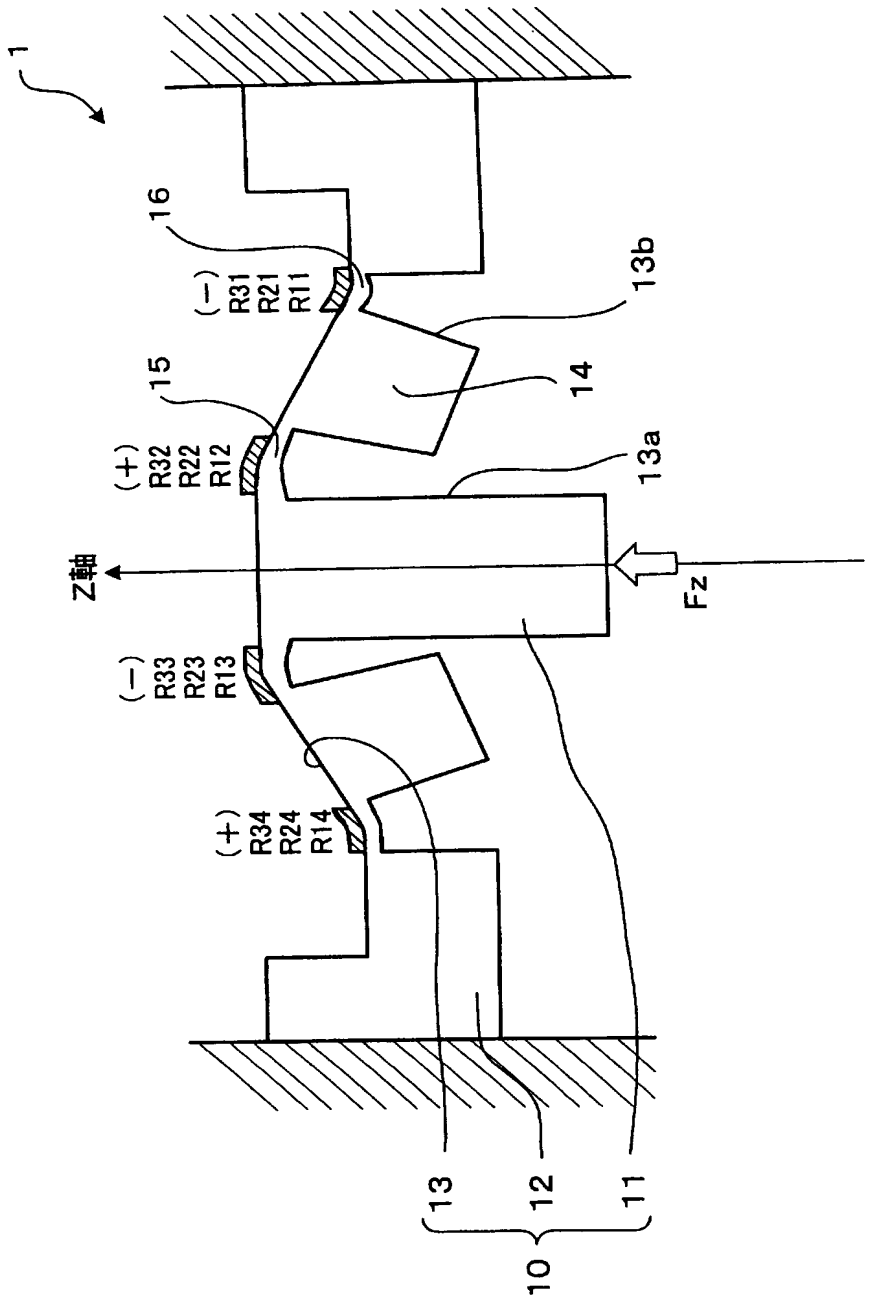
[図2]



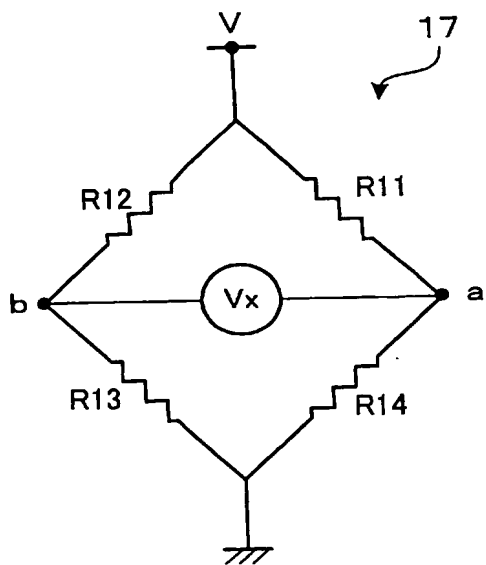
[図3]



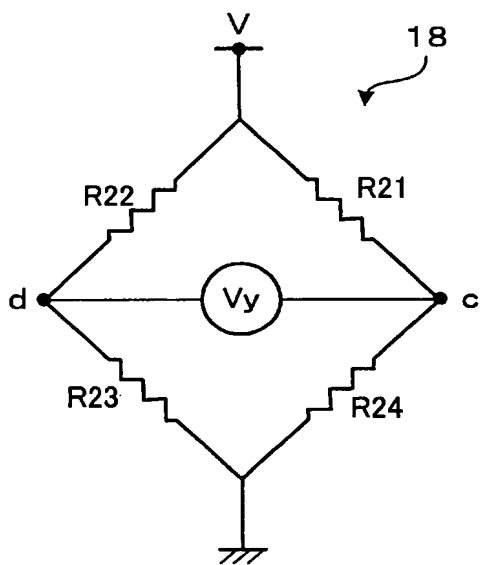
[図4]



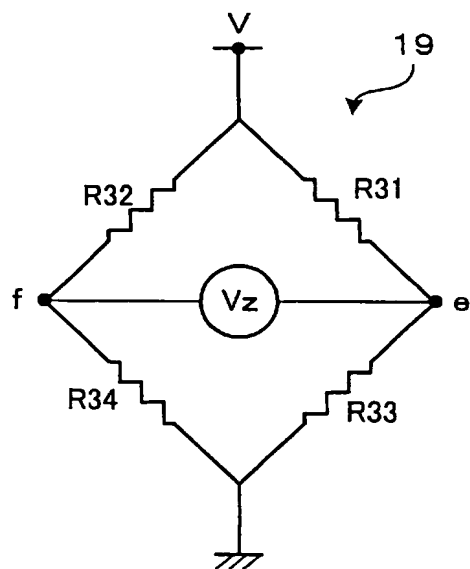
[図5A]



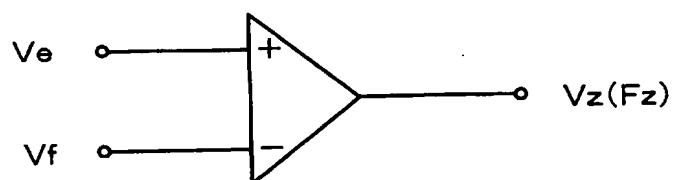
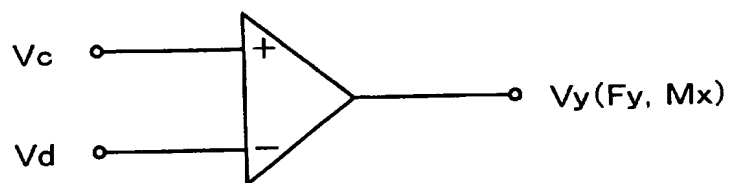
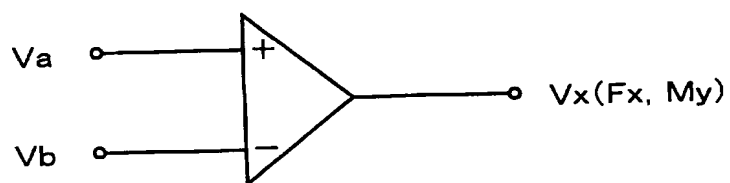
[図5B]



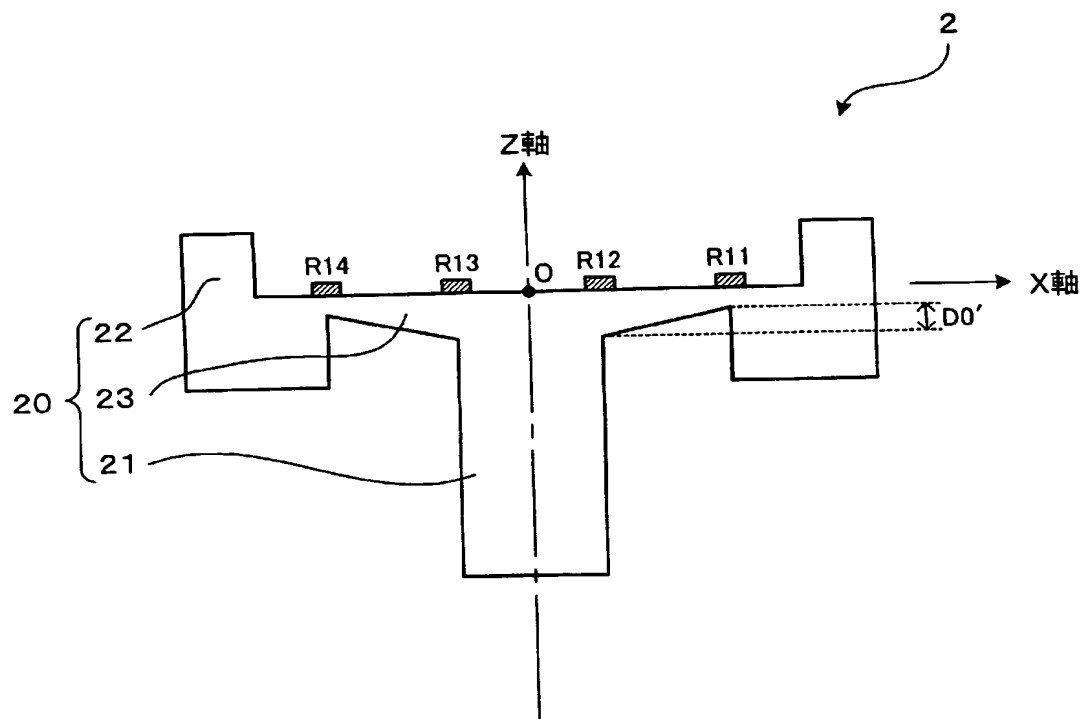
[図5C]



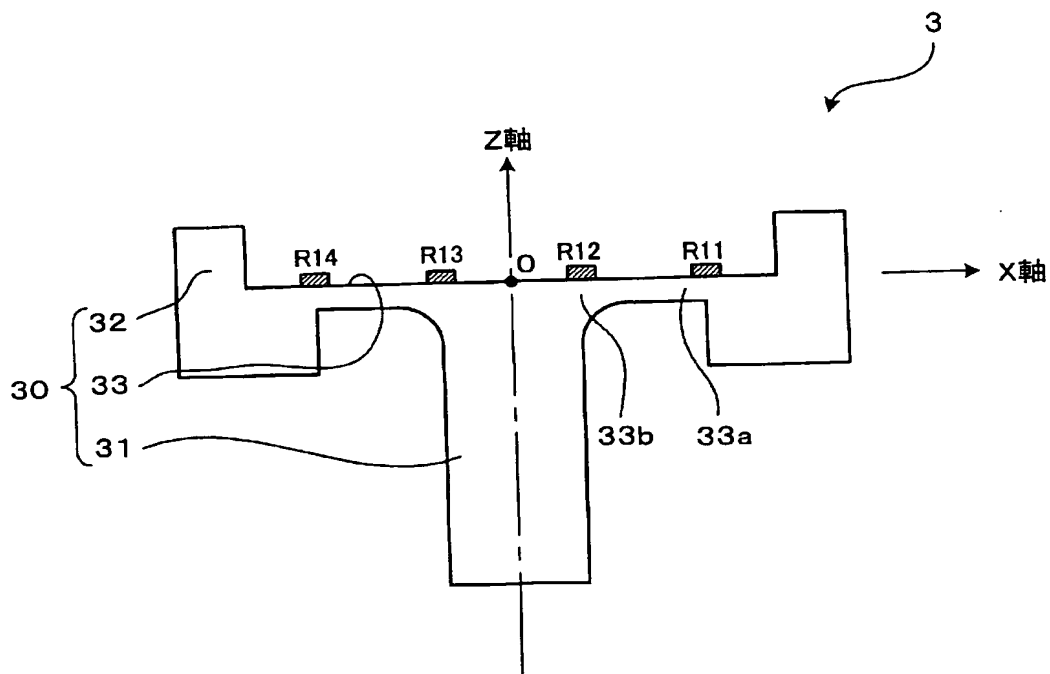
[図6]



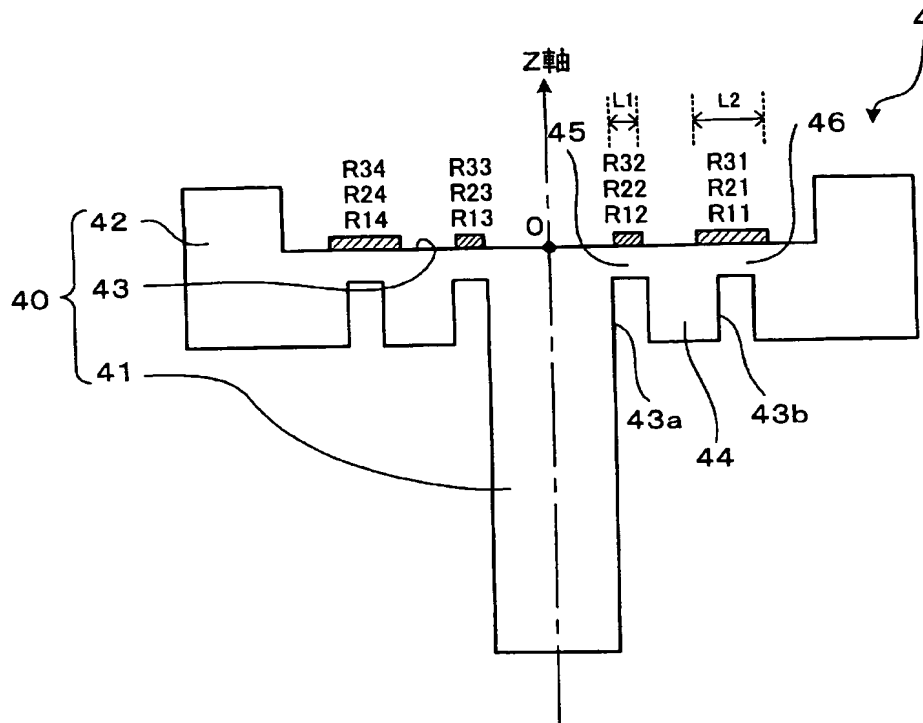
[図7]



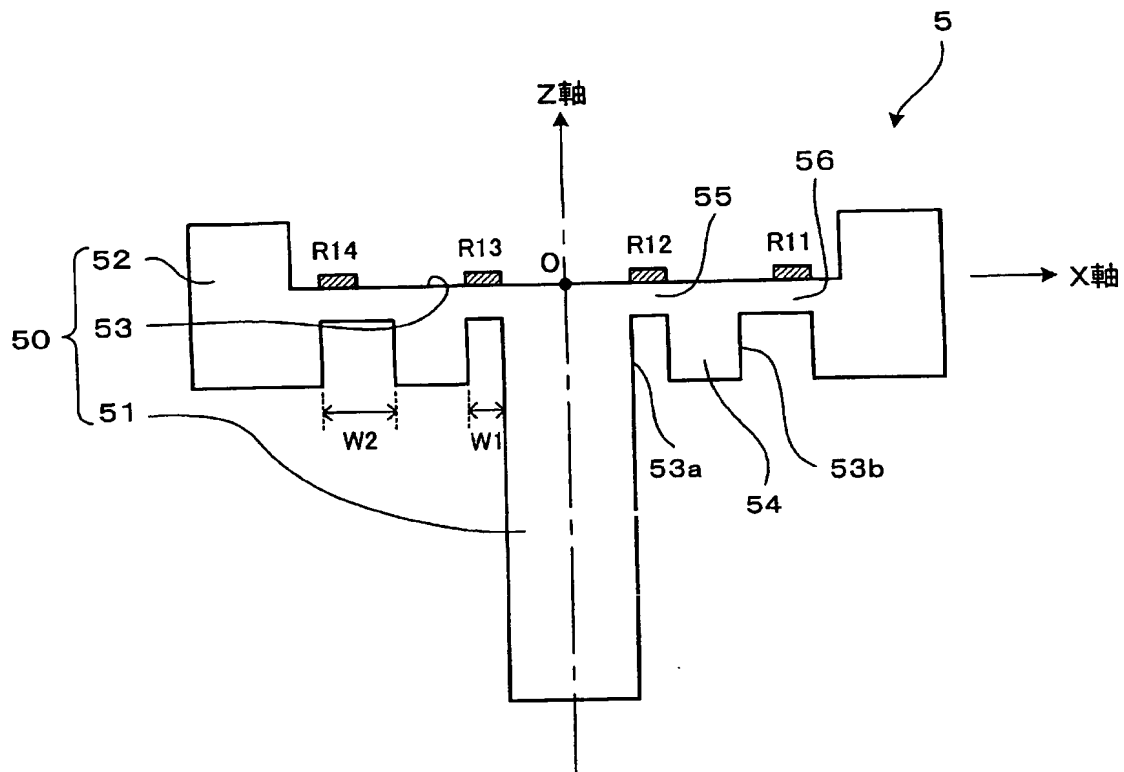
[図8]



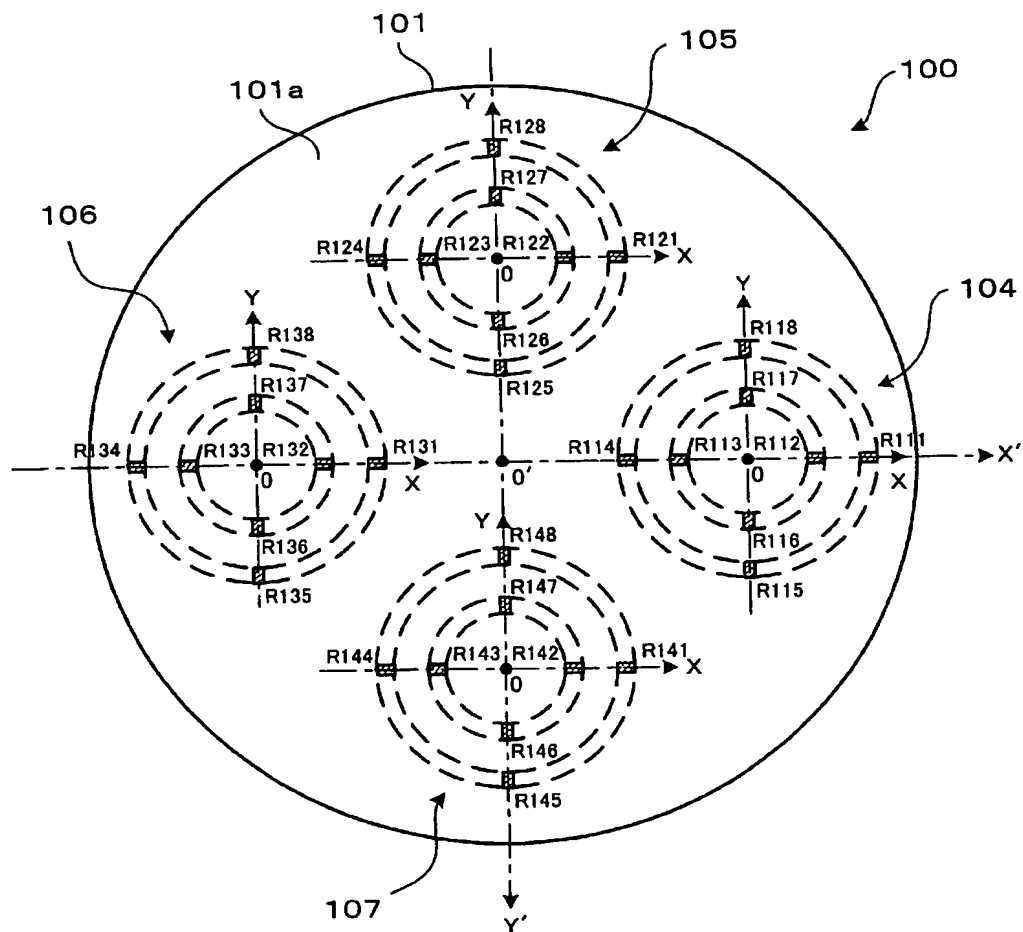
[図9]



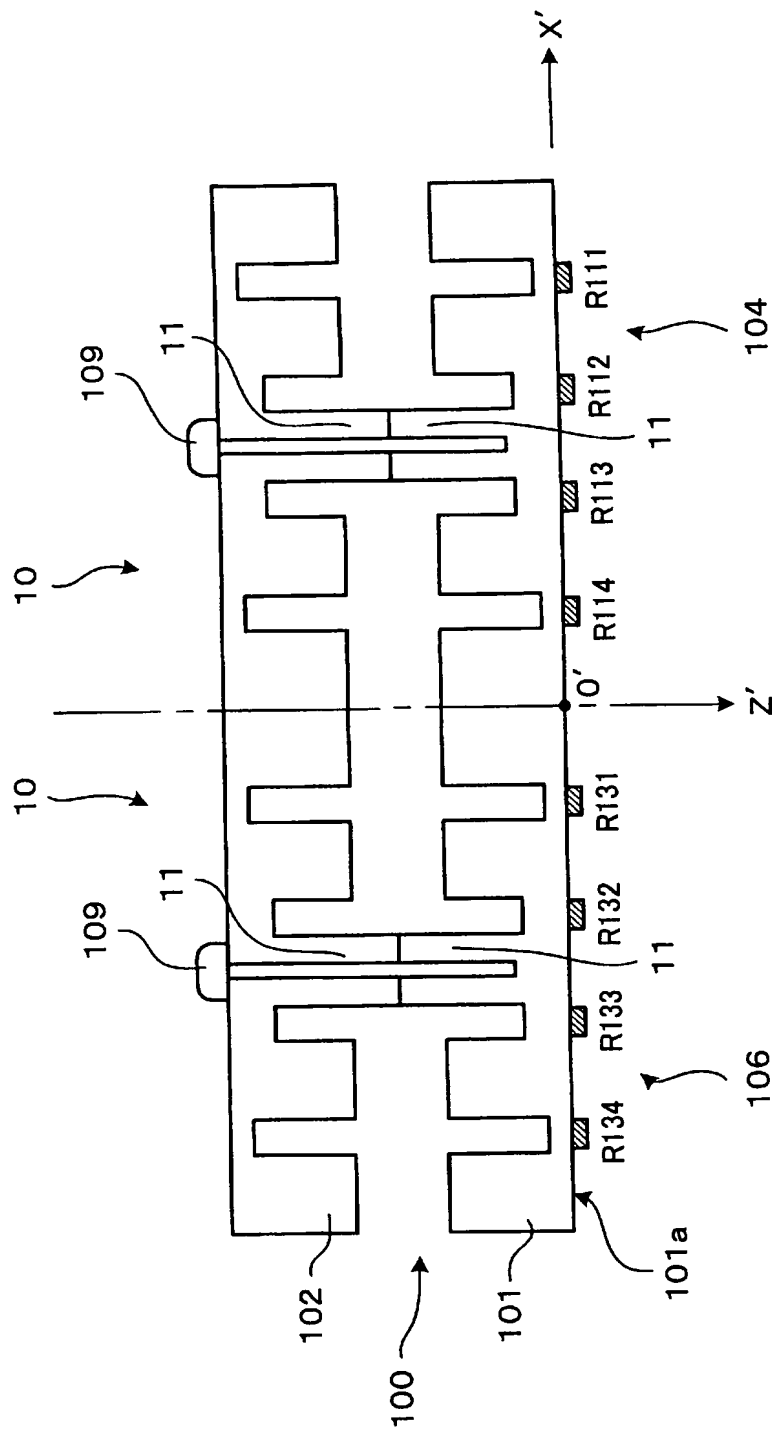
[図10]



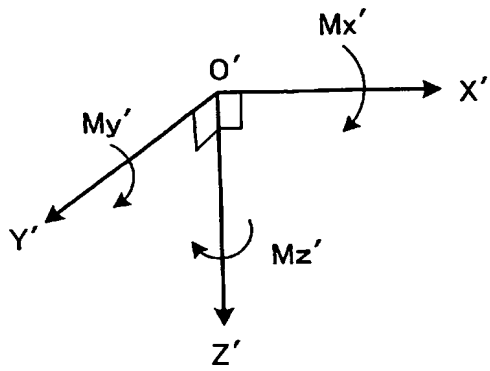
[図11]



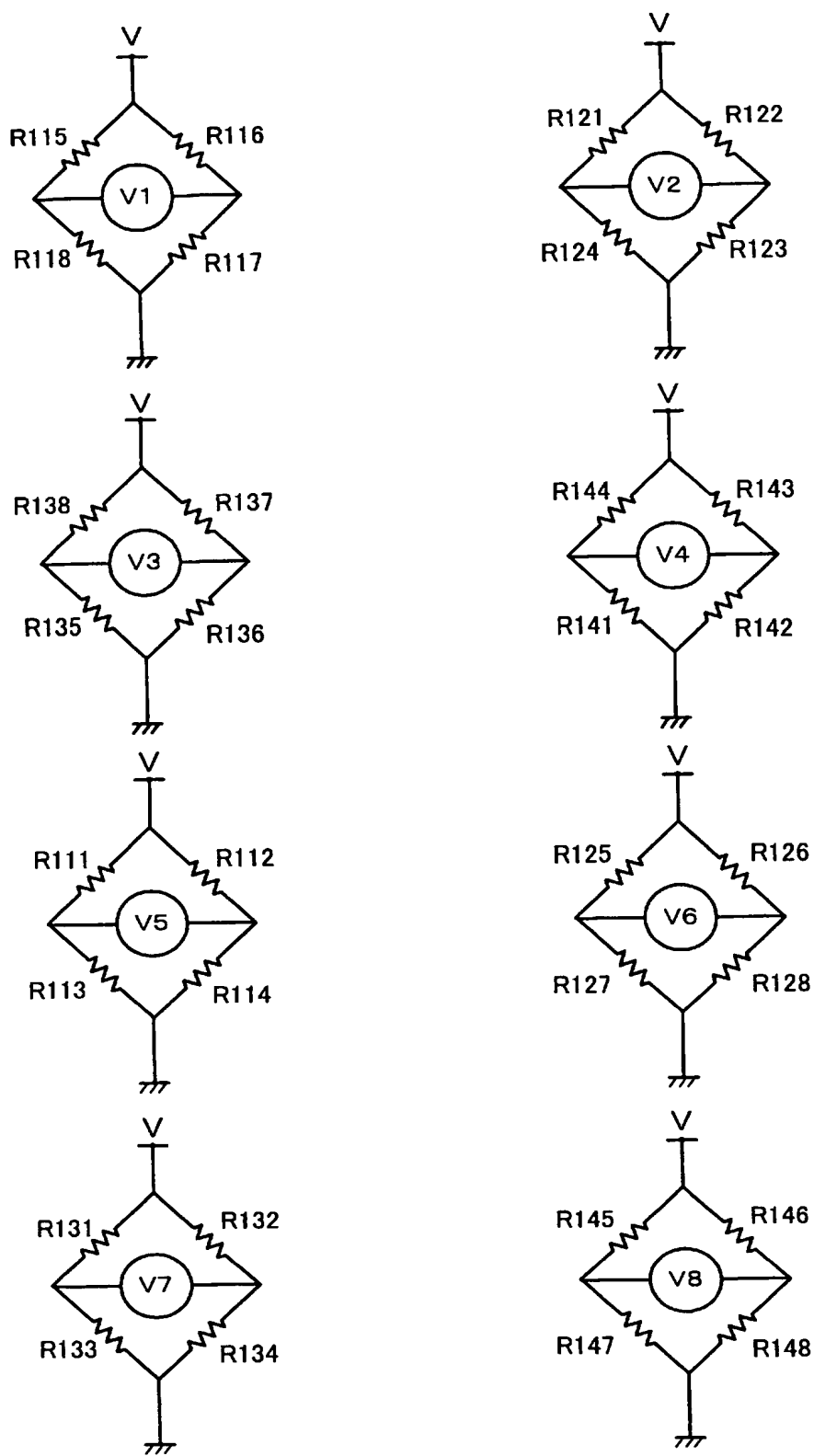
[図12]



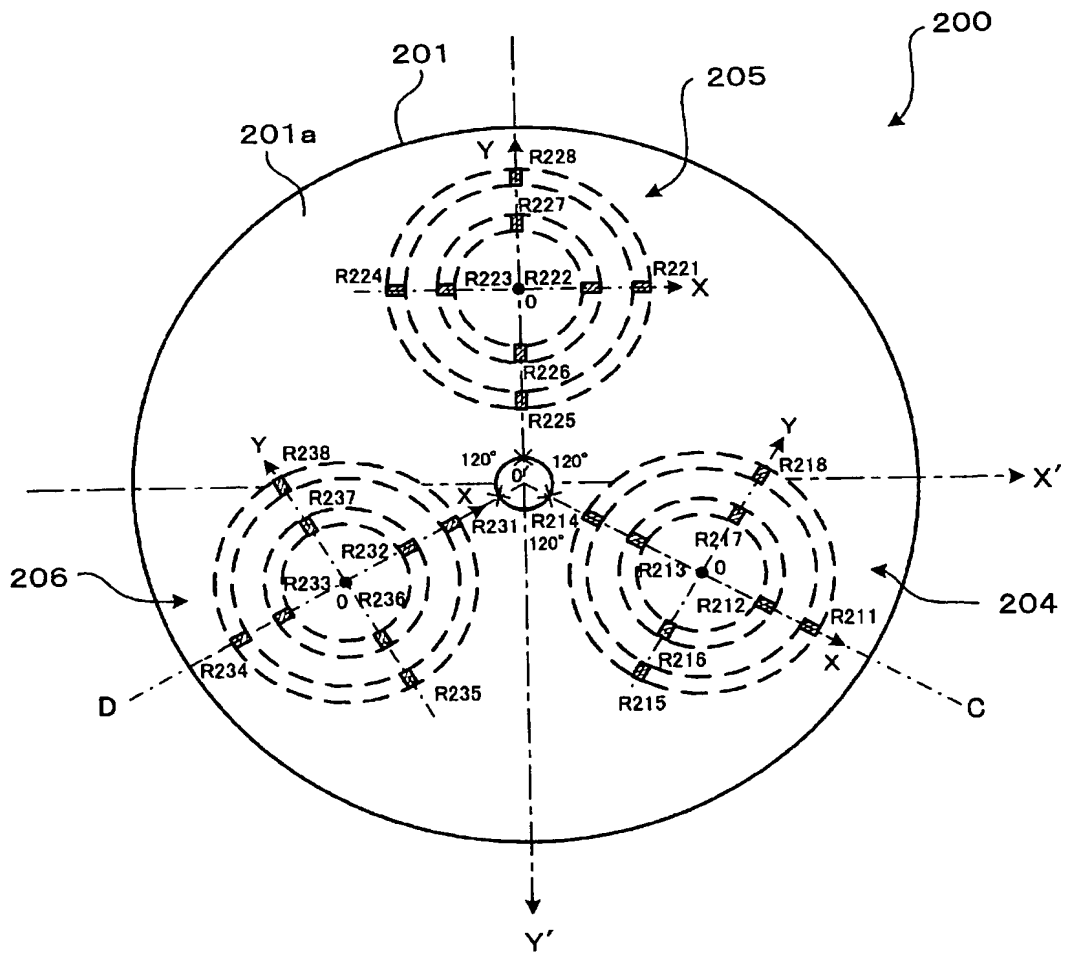
[図13]



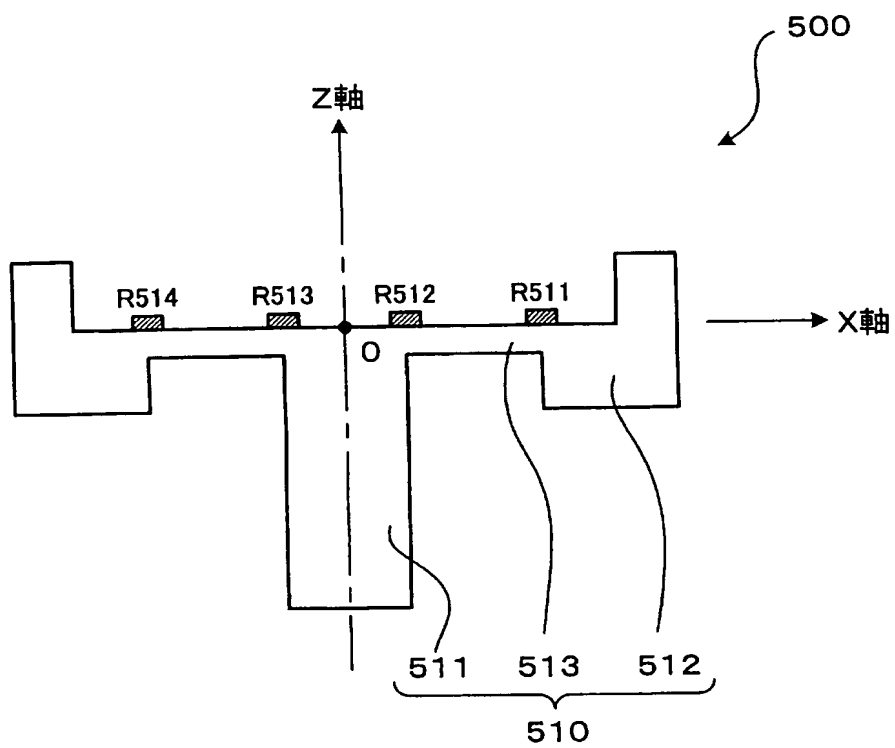
[図14]



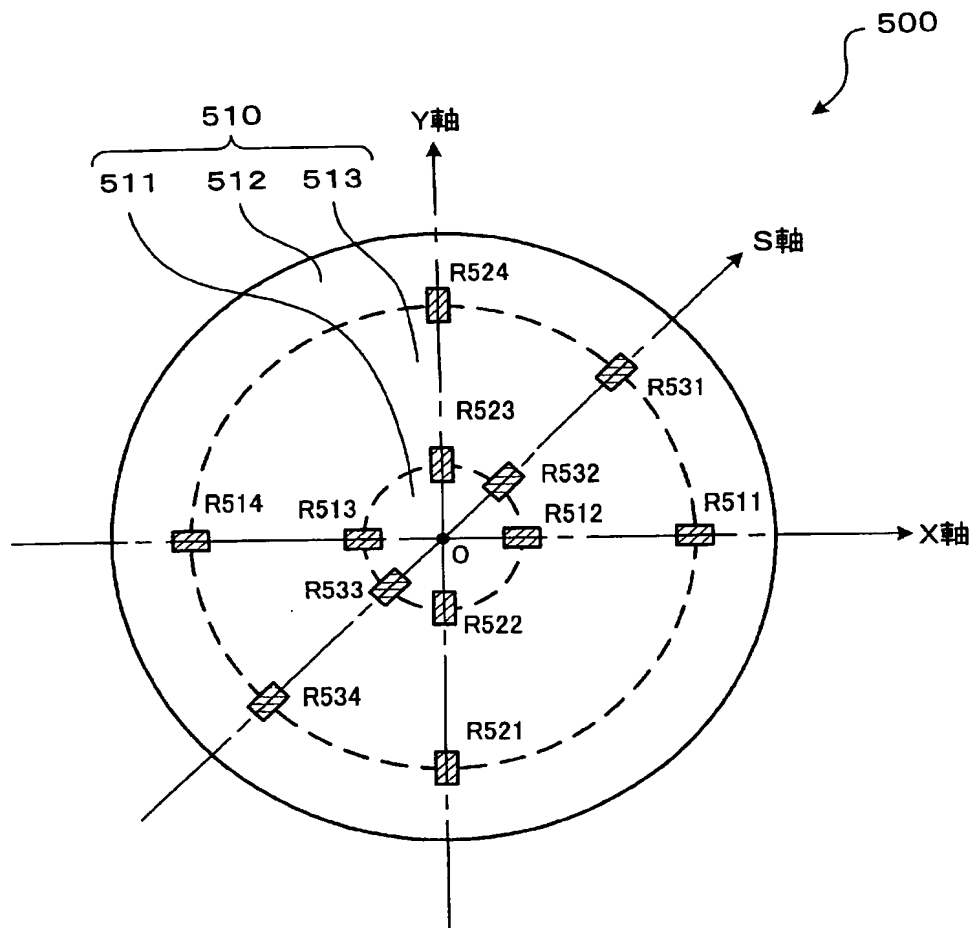
[図15]



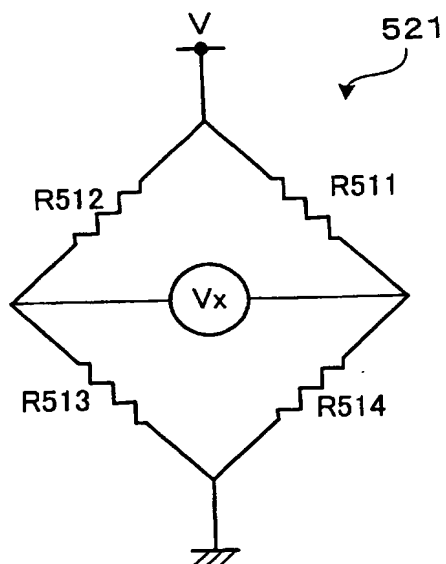
[図16]



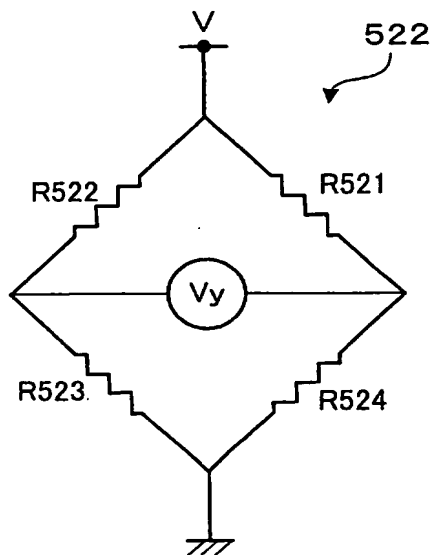
[図17]



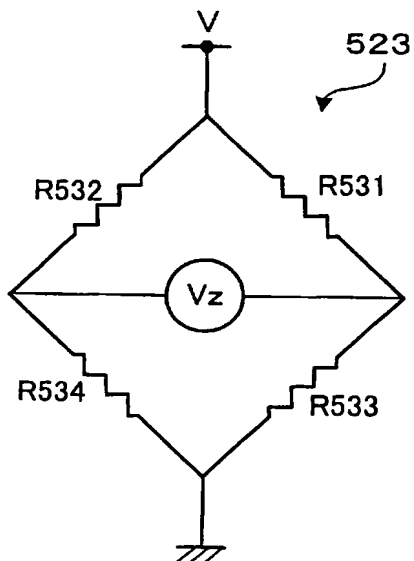
[図18A]



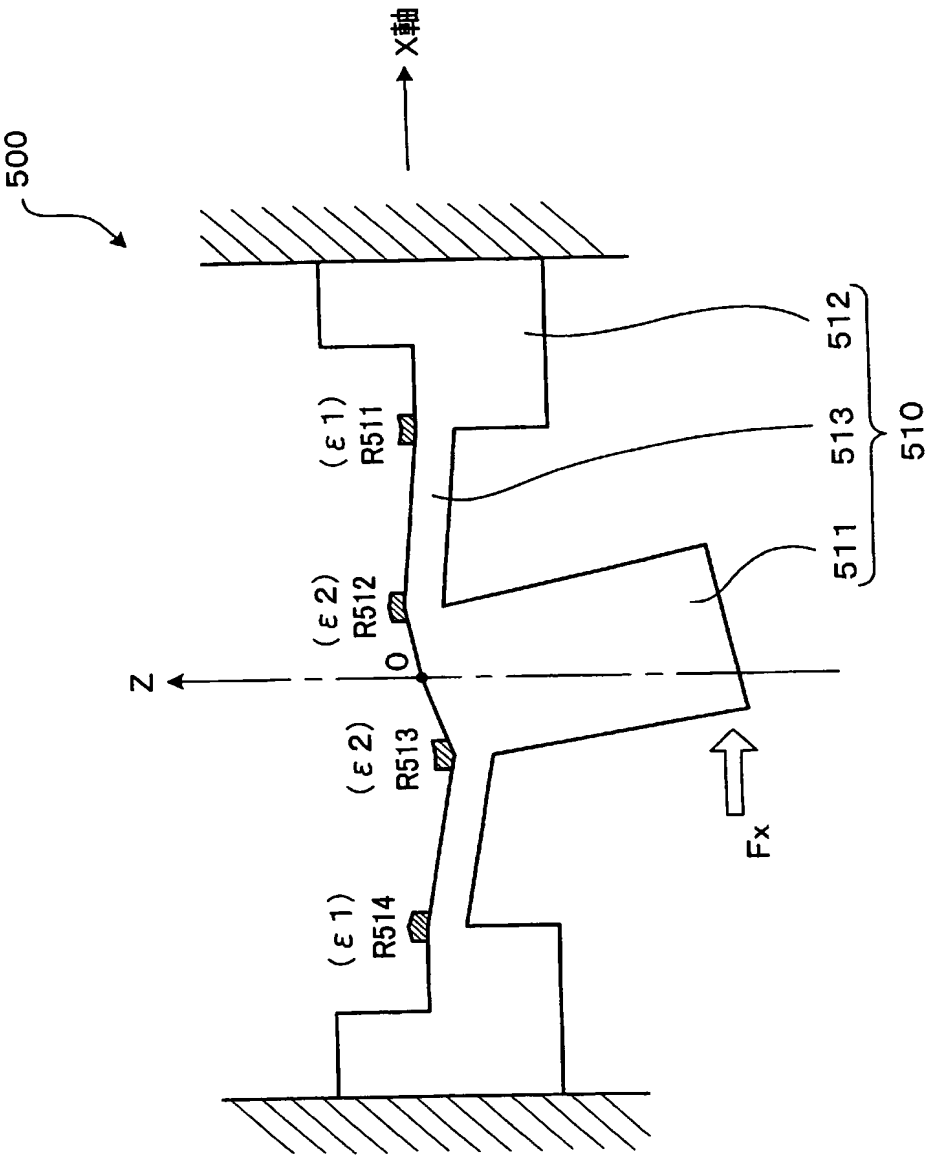
[図18B]



[図18C]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008720

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01L1/22, G01P15/12, G01P15/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01L1/22, G01P15/12, G01P15/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2004 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2004 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2004 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-------------|--|---------------------------------|
| X Y A | JP 2514974 Y2 (Enplas Corp.), 23 October, 1996 (23.10.96), Full text; all drawings (Family: none) | 1-2, 4, 7-16 3, 17-20 5-6 |
| Y | JP 2581820 B2 (Kabushiki Kaisha Fuji Denki Sogo Kenkyusho), 12 February, 1997 (12.02.97), Page 4, column 7, line 46 to column 8, line 45; Figs. 3 to 6 (Family: none) | 3, 17-20 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 September, 2004 (10.09.04)Date of mailing of the international search report
28 September, 2004 (28.09.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008720

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 63-113328 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 18 May, 1988 (18.05.88), Fig. 6 (Family: none) | 11-12 |
| A | JP 3-20635 A (Kabushiki Kaisha Wako), 29 January, 1991 (29.01.91), Figs. 19, 28 & EP 381187 A2 Figs. 33, 40 & US 5035148 A & DE 69018285 C | 5-6 |
| A | JP 2527551 B2 (Kabushiki Kaisha Kyowa Dengyo), 28 August, 1996 (28.08.96), Page 5, column 10, line 16 to page 6, column 11, line 37; Figs. 2 to 3 (Family: none) | 1-20 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01L1/22, G01P15/12, G01P15/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01L1/22, G01P15/12, G01P15/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| X | J P 2514974 Y2 (株式会社エンプラス) 1996. 10. 23, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-2, 4, 7-16 |
| Y | | 3, 17-20 |
| A | | 5-6 |
| Y | J P 2581820 B2 (株式会社富士電機総合研究所) 1997. 02. 12, 第4頁第7欄第46行-第8欄第45行, 第3-6図 (ファミリーなし) | 3, 17-20 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 09. 2004

国際調査報告の発送日

28. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松浦 久夫

2F

9613

電話番号 03-3581-1101 内線 3215

C (続き) . 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| A | JP 63-113328 A (日立建機株式会社) 1988. 05. 18, 第6図 (ファミリーなし) | 11-12 |
| A | JP 3-20635 A (株式会社ワコー) 1991. 01. 29, 第19, 28図 & EP 381187 A2, 第33, 40図 & US 5035148 A & DE 69018285 C | 5-6 |
| A | JP 2527551 B2 (株式会社 共和電業) 1996. 08. 28, 第5頁第10欄第16行—第6頁第11 欄第37行, 第2-3図 (ファミリーなし) | 1-20 |